

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт горного дела, геологии и геотехнологий  
институт  
Горные машины и комплексы  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 - А.В.Гилев

подпись инициалы, фамилия

« 5 » 02 2018 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»**

код и наименование специализации

**Обоснование параметров экспериментальной установки**

тсма

**по смешиванию материалов**

Руководитель

 05.02.18  
подпись, дата

И.И.Демченко

инициалы, фамилия

Выпускник

 06.02.18  
подпись, дата

А.А.Хвостиков

инициалы, фамилия

Консультанты:

Экономическая часть


 02.02.18г.  
подпись, дата

А.Д.Бурменко

инициалы, фамилия

Безопасность

жизнедеятельности

 01.02.18г.  
подпись, дата

Н.М.Капличенко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 05.02.18  
подпись, дата

И.И.Демченко

инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

институт

Горные машины и комплексы

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



А.В.Гилев

подпись

инициалы, фамилия

«10» 12 2017 г

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме дипломной работы.**

Студенту Хвостикову Александру Андреевичу

фамилия, имя, отчество

Группа Гм 12-13 Направление (специальность) 21.05.04 Горное дело,

номер

код

специализация 21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Обоснование параметров экспериментальной установки по смешиванию материалов

Утверждена приказом по университету № 705/с от 23 января 2018 года

Руководитель ВКР И.И.Демченко, профессор, доктор технических наук

инициалы, фамилия, должность, ученое звание

кафедры Горные машины и комплексы

место работы

Исходные данные для ВКР Величина теплоты сгорания от 4360 до 5230 ккал/кг; зольность углей около 5-6%; усредненный показатель пластовой влаги не превышает 22%; производительность разреза составляет 500 тыс. тонн угля в год и подготовленные запасы за год – 685 тыс. тонн; по данным разреза потери угля составляют 4,2%.

Перечень разделов ВКР Характеристика углей канско-ачинского бассейна ; классификация способов сжигания ; классификация топочных устройств ; экономическая часть ; безопасность жизнедеятельности.

Перечень графического материала презентация в количестве 10 слайдов угли канско – ачинского угольного бассейна; основные способы сжигания топлива в слое; схема мест отбора первичной пробы топлива; способы смешивания твердого топлива при добычи; схема лабораторной установки

Руководитель ВКР

  
подпись

И.И.Демченко

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

  
подпись

А.А.Хвостиков

инициалы и фамилия студента

« 20 » 12 2017 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>1 ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕЙ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА</b> .....	7
1.1 Теплофизические характеристики и химический состав золы.....	7
1.2 Физика – химические свойства Канско – Ачинских углей .....	9
<b>2 КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СЖИГАНИЯ</b> .....	13
2.1 Слоевое сжигание .....	13
2.2 Факельные топки .....	14
2.3 Сжигание топлива в кипящем слое .....	17
<b>3 КЛАССИФИКАЦИЯ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ</b> .....	21
3.1 Топочные устройства .....	21
3.2 Слоевые топки .....	21
3.3 Факельные топки .....	27
3.4 Топки для сжигания в кипящем слое .....	28
3.5 Неоднородность качества топлива .....	31
<b>4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	33
4.1 Смесь топлива .....	33
4.2 Годовой расход топлива котельной установки .....	33
<b>5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ И ПЫЛЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ</b> .....	37
5.1 Промышленная санитария .....	37
5.2 Влияние газов и пыли на организм человека .....	38
5.3 Влияние производственных шумов на организм человека.....	39
5.4 Требования к освещенности рабочего места .....	40
5.5 Питьевая вода.....	41
5.6 Сведения о профессиональных заболеваниях .....	41
5.7 Режим труда и отдыха, личная гигиена рабочего .....	42
5.8 Техника безопасности .....	43
5.9 Обучение и инструктаж рабочих по правилам техники безопасности.....	44
5.10 Медицинское освидетельствование .....	46
5.11 Электротравматизм .....	46
5.12 Защитные средства .....	48
5.13 Применение системы нарядов.....	48
5.14 Основные меры безопасности при ремонте оборудования котельных цехов	49
5.15 Правила пользования механизированными инструментами и приспособлениями.....	53
5.16 Техника безопасности при обслуживании станков, работе с механизированными инструментами и приспособлениями .....	54
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	55
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	56
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b> .....	57

## ВВЕДЕНИЕ

Энергетическая стратегия России на период до 2020г. предусматривает в качестве основной цели определение путей и формирование условий функционирования энергетического сектора для обеспечения социально-экономического развития страны - качественного улучшения условий жизни населения и возрождения страны.

Разработанная в 1994г. и утвержденная Правительством РФ Энергетическая стратегия России предусматривала продолжение так называемой «газовой паузы», то есть дальнейшее наращивание добычи газа с 660 — 740 млрд. м<sup>3</sup> в 1994 г. до 740 — 860 млрд. м<sup>3</sup> к 2010 г. Доля газа в добыче основных видов энергетического топлива (нефть, газ, уголь) должна была возрасти с 50 % в 1993 г. до 59 % к 2010 г. В реальности добыча газа практически не росла, что привело к дефициту энергетического топлива, особенно в европейской части России (включая Урал) и поставило вопрос об увеличении доли угля в топливном балансе электростанций.

Общий объём замещения газа в результате корректировки топливного баланса электростанций может уже в 2015 г. составить 51,5 млрд. м<sup>3</sup> и для этого потребуется дополнительно 50,6 млн. условного тонн угля, в основном Канско – Ачинского и Кузнецкого бассейнов. С учетом того, что основой энергетики Сибири и части восточных районов России являются бурые угли Канско – Ачинского бассейна, роль этих углей в топливообеспечении электростанций будет определяющей.

Угли Канско-Ачинского бассейна характеризуются низкой зольностью, относительно высокой для бурых углей удельной теплотой сгорания и в связи с огромными запасами и низкой себестоимостью добычи могут быть широко востребованы в энергетике. Высокая реакционная способность этих углей обуславливает их повышенную взрывопожароопасность и предъявляет особые требования при проектировании систем топливоподачи и пылеприготовления. Основные трудности сжигания Канско – Ачинских углей в топках энергетических котлов связаны с интенсивным шлакованием радиационных и конвективных поверхностей нагрева. Шлакование снижает интенсивность теплообмена в топке и в конвективных поверхностях нагрева, увеличивает гидравлическое сопротивление пароперегревателя и конвективных поверхностей нагрева так, что и ряде случаев ограничивает эксплуатационную паропроизводительность котлов и уменьшает их надежность.

Имеющиеся экспериментальные данные показывают, что высокие шлакующие свойства Канско-Ачинских углей обусловлены особенностями химического состава и поведением минеральной части этих углей в процессах подготовки топлива и их сжигания в различных типах топочных устройств. Особенности поведения минеральной части Канско – Ачинских углей в топочном процессе затрудняют применение нормативных методов расчета при проектировании котельных агрегатов и требуют использования специальных методов организации их сжигания и новых конструкций топок для уменьшения шлакования и снижения образования вредных выбросов оксидов азота и серы с дымовыми газами.

Увеличение выработки электроэнергии на твердом топливе сопряжено с большими экологическими нагрузками на окружающую среду и прежде всего на атмосферу. Необходимость обеспечения нормативных требований по охране атмосферного воздуха от загрязнения при переходе на твердое топливо потребует реализации проектов котельных агрегатов, отвечающих установленным нормам по выбросам в атмосферу твердых и газообразных веществ, предъявляемым к экологически чистым котельным агрегатам ( $\mu_{\text{лз}} = 50 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{NO}_x = 200 \text{ мг/м}^3$ ,  $\text{SO}_2 = 400 \text{ мг/м}^3$ ). Обеспечение требований по защите окружающей среды по расчетам специалистов только в ближайшие пять лет потребует дополнительных капиталовложений в сумме до 28 млрд. рублей. В этой связи актуальной становится проблема разработки таких экологически чистых технологий сжигания Канско-Ачинских углей, которые бы использовали специфические свойства этих углей и технологические методы подавления образования вредных оксидов азота и серы без сооружения дорогостоящих установок мокрой очистки газов.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕЙ КАНСКО-АЧИНСКОГО БАССЕЙНА

## 1.1 Теплофизические характеристики и химический состав золы

Основная масса углей Канско – Ачинского бассейна, пригодных для открытой добычи (166,2 млрд.т), сосредоточена в семи основных месторождениях: Березовское, Урюпское, Итатское, Барандатское, Назаровское, Бородинское и Абанское. В настоящее время добыча угля ведётся на трех крупных действующих разрезах: Бородинском, Назаровском, Березовском – 1. В последние годы началась разработка на малых разрезах: Абанском, Козульском, Ирбейском, Саяно – Партизанском, Канском, Итатском.

Общая добыча угля в 1970 г. составляла 18,1 млн. т. в 1991 г. – 55,6 млн. т и в 1999 г. – 36,5 млн. т. После 1991 г. добыча угля резко упала, хотя количество разрезов растет. Связано это с резким спадом экономики Сибири в годы перестройки. В 2000 – 2003 гг. наметилась тенденция к увеличению объемов потребления Канско – Ачинских углей и в первую очередь в качестве энергетического топлива для тепловых электростанций.

Особенностью углей Канско – Ачинского бассейна является постоянство состава органической части топлива. Изменение теплоты сгорания рабочего топлива  $Q_i^r$  происходит в основном за счет колебаний влажности и зольности.

Основные характеристики углей действующих разрезов Канско – Ачинского бассейна представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристика углей Канско - Ачинского бассейна.

Наименование	марка	Характеристики углей							
		$W^r, \%$	$A^r, \%$	$A^r, \%$	$V^{daf}, \%$	$N^{daf}, \%$	$S_i^d, \%$	$Q_i^r$ ккал/кг	$K_{ло}$
Бородинский	2БВ	33,0	7,0	10,5	45,2	1,0	0,3	3800	1,2 – 1,3
Берёзовский	2БВ	35,5	4,5	7,0	48,0	0,8	0,31	3600	1,2 – 1,3
Назаровский	2БВ	38,5	7,4	12,0	48,0	1,0	0,81	3270	1,2 – 1,3
Канский	2БВ	33,9	4,34	6,6	45,2	0,8	0,31	3790	1,1
Абанский	2БВ	37,8	4,72	7,6	47,7	0,85	0,75	3510	1,2
Итатский	2БВ	39,0	4,9	10,5	46,5	0,98	0,30	3340	1,30
Ирбейский	2БВ	32,0	8,7	12,8	47,4	0,93	0,38	3630	1,8
Козульский	2БВ	41,5	6,84	11,7	47,1	0,88	0,98	3160	1,1
Балахтинский	3БВ	21,7	3,4	4,4	45,6	0,78	0,19	4920	1,15
Степановский	2БВ	35,7	7,0	10,9	46,3	0,96	1,10	3650	1,4

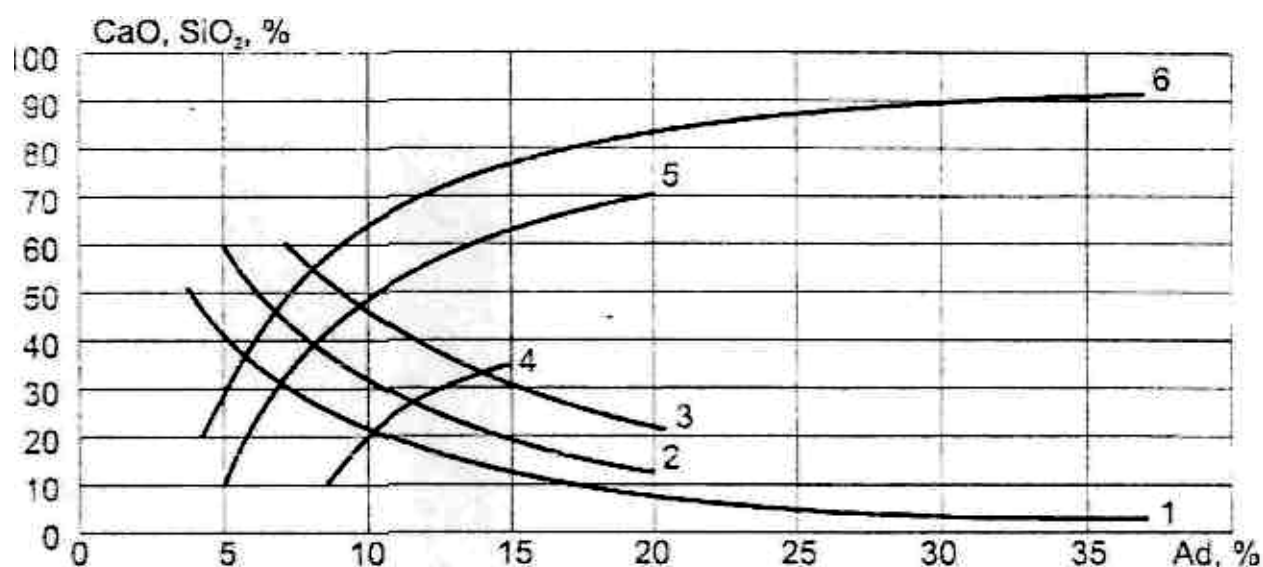
Как видно из представленных данных, Канско – Ачинские угли характеризуются умеренной влажностью (до 33 %), низкой зольностью (в основной массе  $A^d < 12 \%$ ), низким содержанием серы ( $S_i^d = 0,2 – 0,9 \%$ ) и азота ( $N^{daf} = 0,2 – 0,9 \%$ ), что определяет их благоприятные экологические характеристики по сравнению с углями других месторождений России. Канско –

Ачинские угли имеют высокое содержание летучих веществ  $V^{\text{daf}}$  до  $\approx 49,4$  % и обладают повышенной склонностью к окислению, что вызывает необходимость разработки особых мер по их хранению на складах и повышенных требованиях по взрывопожаробезопасности к системам топливоподачи и пылеприготовления.

Потребительские свойства сухой золы Канско – Ачинских углей высоки. Сухая зола может широко использоваться в стройиндустрии и в сельском хозяйстве.

Отличительной особенностью минерального состава золы является повышенное содержание оксида кальция, особенно у низкозольных Березовских углей (до 60 %), и то, что содержание основных компонентов золы (кислые и основные оксиды) существенно изменяется при относительно небольших колебаниях зольности.

Эта закономерность характерна для всех месторождений Канско-Ачинского бассейна. С уменьшением зольности топлива в угле увеличивается содержание  $\text{CaO}$  в золе при соответствующем снижении  $\text{SiO}_2$ . Графики закономерностей представлены на рисунке 1.1



1 –  $\text{CaO}$ , Бородинский, 2 –  $\text{CaO}$ , Березовский, 3 –  $\text{CaO}$ , Назаровский; 4 –  $\text{SiO}_2$ , Назаровский; 5 –  $\text{SiO}_2$ , Березовский; 6 –  $\text{SiO}_2$ , Бородинский

Рисунок 1.1 - Изменение содержания оксида кремния и оксида кальция в золе Канско – Ачинских углей

В этой связи поведение минеральной части угля в процессе сжигания угольной пыли сильно зависит от зольности.

Соответственно изменяются шлакующие свойства угля и плавкостные характеристики шлака. Это является основной причиной того, что в пылеугольных топках котлов, приспособленных для сжигания бородинского угля, невозможно обеспечить надежное сжигание Березовского угля, а в котлах, рассчитанных на сжигание бородинского угля с зольностью до 8 %, нельзя



обеспечить надежный выход жидкого шлака на том же бородинском угле с зольностью более 12 %. Поэтому изменение состава минеральной части Канско – Ачинских углей необходимо учитывать при оценке пригодности использования той или иной технологии сжигания как с точки зрения обеспечения надежной работы по условиям шлакования и обеспечения выхода жидкого шлака, так и требований по обеспечению нормативных выбросов оксида азота, серы и золы.

## 1.2 Физико-химические свойства Канско – Ачинских углей

Гранулометрический состав угля, зольность, влажность и калорийность фракций различного размера, отгружаемого разрезами Бородинский, Берёзовский и Назаровский, представлен в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Гранулометрический состав угля

Классы крупности, мм	Выход классов, %	Суммарный выход надрешёточного продукта, %	Зольность, $A^d$ , %	Влажность, $W^r$ , %	Теплота сгорания, $Q^r_{is}$ , ккал/кг
1	2	3	4	5	6
<b>Бородинский уголь</b>					
>200	4,6	4,6	6,7	31,6	4000
100 – 200	20,3	24,9	7,2	31,5	3950
50 – 100	20,9	45,8	6,9	30,9	3988
25 – 50	16	61,8	9,5	30,5	3895
13 – 25	16,3	78,1	7,1	31,7	3986
6 – 13	10,5	88,6	8,1	31,5	3944
3 – 6	4,8	93,4	7,0	31,6	3990
1 – 3	3,4	96,8	8,8	31,6	3916
0 – 1	3,2	100	9,3	31,6	3883
Всего	100	100	7,7	31,3	3957
<b>Берёзовский уголь</b>					
200 – 300	–	–	–	–	–
100 – 200	7	7	5,5	34,3	3824
50 – 100	24,9	31,9	5,4	34,2	3850
25 – 50	28,9	60,8	5,5	34,5	3791
13 – 25	14,8	75,6	5,8	34,7	3734
6 – 13	11,0	86,6	6,1	34,5	3768
3 – 6	6,0	92,6	7,9	33,7	3816
0 – 3	7,4	100	11,4	32,0	3725
Всего	100	100	6,2	34,2	3782
<b>Назаровский уголь</b>					
100 - 200	18,6	18,6	10,7	38,4	3266
50 - 100	16,1	34,7	10,8	36,6	3315
25 - 50	16,5	51,2	11,7	38,4	3171
13 - 25	16,1	67,3	13,1	38,5	3111
6 - 13	13,3	80,6	13,1	38,8	3147
3 - 6	10,0	91,6	13,1	39,2	3024
1 - 3	7,6	99,2	14,0	39,8	3096
0 - 1	0,8	100	18,5	40,0	3080
Всего	100	100	12,2	38,7	3260

Характерным для всех представленных углей в таблице 1.3 является то, что с уменьшением класса крупности до 0 – 3 мм зольность этих фракций имеет более высокое значение по сравнению с общей массой угля. Связано это с тем, что внутренние минеральные примеси, образовавшиеся в процессе углеобразования и формирования угольной залежи, относительно равномерно распределены в органической части топлива, а внешние («вторичные») минеральные примеси, попавшие в топливо при его добычи из прилегающих пластовых пород, представлены в основном мелкими частичками кварца ( $\text{SiO}_2$ ) и при рассеве обогащают класс частиц угля для получения топлива с более благоприятными характеристиками минеральной части, особенно для котлов с жидким шлакоудалением.

Качество угольной продукции зависит от множества факторов из которых определяющими являются природные. К ним относятся горно-геологические особенности месторождения - условия углеобразования, геологическая схема месторождения, глубина угольных пластов, их угол падения, мощность пластов и слагающих их угольных пачек и неродных прослоев, механические свойства угля и пород, обводненность, зольность чистых угольных пачек. Эти факторы практически неуправляемы.

Качество угольной продукции формируется не только под влиянием природных условий, но и в результате деятельности людей по выемке полезного ископаемого. Эти факторы (технологические, организационные, экономические) поддаются управляющему воздействию.

Зольность является косвенным показателем содержания минеральных примесей в угле и определяется сжиганием угольной пробы в стандартных условиях. В результате полного сгорания угля остается зола - негорючий остаток в виде порошка или шлака, состоящая в основном из окислов кремния, алюминия, железа, кальция, магния и ряда других элементов. Зола разделяется на внутреннюю (материнскую), связанную с минеральным веществом, образованным при формировании угля и на внешнюю, связанную с породой, вовлекаемой в горную массу при добыче. Минеральные примеси, образующие материнскую золу, отделить от угля существующими методами механического обогащения невозможно. Внешняя зола (прослойки породы в угольном пласте и обломки вмещающих пород, попавшие в уголь при выемке пласта) может быть частично удалена из угля при обогащении. Минеральные примеси, как влага, является негорючей частью угля, его балластом, они понижают теплоту сгорания угля вследствие уменьшения содержания горючих компонентов, увеличений расхода тепла на нагрев и плавление минеральной массы, уменьшают КПД котлоагрегатов, увеличивают затраты на приготовление топлива и его транспортирование.

Для большинства угольных бассейнов, в том числе для Канско - Ачинского, установлены кондиции по зольности. Предельная зольность для балансовых запасов на разрезах колеблется от 8% до 25%.

Добыча и обогащение угля организуются таким образом, чтобы не допустить попадание в уголь минеральных примесей, а примеси, попавшие в

уголь, по возможности удалить. При современном состоянии углеобогащения те минеральные примеси, которые находятся в угольных пачках, как правило, не могут быть удалены. Поэтому зольность чистых угольных пачек принимается при расчете норм в качестве исходной величины, которая увеличивается за счет минеральных примесей, попадающих в уголь в процессе отработки угольного пласта.

Влажность углей колеблется в широких пределах. В углях, отгружаемых разрезами предельная норма массовой доли влаги доходит до 27%. Общая влага состоит из внутренней (капиллярной), связанной с пористостью, и внешней, которая удерживается на поверхности в виде капель и пленок.

Природными факторами, обуславливающими большее или меньшее содержание влаги в угле, являются обводненность угольных пластов. Содержание влаги зависит также от гранулометрического состава добытого угля, способа добычи, вида обогащения и обезвоживания.

Влага, являясь балластом, снижает полезную массу угля, его теплоту сгорания. На испарение влаги повышается расход тепла, выделяемого при сжигании топлива, что снижает КПД установок. При использовании углей для коксования повышенное содержание влаги удлиняет период коксования. При повышенной влажности ухудшается транспортабельность углей, а в зимних условиях они смерзаются в железнодорожных вагонах и на угольных складах. Влажные угли затрудняют их подготовку к обогащению.

Сера в угле встречается в соединении с органической частью (органическая сера) и в виде солей; колчеданная и сульфатная сера. Сульфатная сера не горит, и при сжигании угля большая часть ее переходит в золу, а при коксовании - в кокс. Органическая и колчеданная сера при горении угля соединяются с кислородом воздуха, и образует сернистый ангидрид. Общая сера угля складывается из всех трех разновидностей.

Содержание общей серы - один из основных показателей качества технологических углей и нормируется техническими условиями при использовании угля в основном на коксование. При общем содержании серы более 5% угли непригодны для получения кокса.

Сера является одной из наиболее вредных минеральных помесей в углях, используемых для технологических целей. При сжигании углей значительная часть сернистых соединений превращается в сернистый ангидрид, который вредно действует на здоровье человека, отравляет атмосферу, вызывает коррозию металла и износ котлов, дымоходов, аппаратуры. Поэтому высокосернистые угли не могут быть использованы в энергетике, так как при обогащении из угля удаляется лишь часть серы (колчеданная сера), а полное ее удаление практически невозможно.

При нагревании угля до высокой температуры без доступа воздуха выделяются летучие вещества, состоящие из паров воды и газов (в основном углеводородов), заключенных в парах и являющихся продуктами разложения органической массы и минеральных примесей. При этом остается нелетучий осадок (кокс) и зола. Выход летучих веществ зависит от стадии метаморфизма. Для углей выход летучих веществ колеблется в пределах 10-50%. Этот показатель

используется в качестве параметра, характеризующего стадию метаморфизма и промышленную марку угля.

Удельная теплота сгорания - основной показатель теплотехнических свойств углей. Она изменяется в широких пределах и зависит как от свойств угольного вещества, так и от его влажности и зольности. С увеличением влажности и зольности углей их удельная теплота сгорания резко снижается, так как в них уменьшается содержание горючей массы.

Энергетическое топливо сжигается с целью получения тепла с последующим преобразованием в различные виды энергии, поэтому качественный состав энергетических углей следует рассматривать с точки зрения его влияния на уменьшение или увеличение тепловой энергии топлива. Следовательно, основным полезным свойством угля как топлива является его теплота сгорания.

Согласно ГОСТ 147-74 удельная теплота сгорания определяется путем замера количества тепла, выделяемого единицей массы угля при полном сгорании его в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода в установленных стандартах условиях.

Полученная при этом величина называется удельной теплотой сгорания угля по бомбе и включает тепло, полученное при образовании и растворении в воде азотной и серной кислот, а также при испарении воды, выделившейся из угля во время сгорания. Практически это тепло теряется. Исключая тепло, полученное за счет кислотообразования, получают значение высшей удельной теплоты сгорания  $Q$ , дополнительно исключив тепло, полученное за счет испарения воды, определяют низшую удельную теплоту сгорания  $Q$ .

Низшая удельная теплота сгорания рабочей массы угля  $Q$  - это количество тепла, которое с учетом балласта (влаги и золы) может быть практически реализовано при сжигании.

Этот показатель используется для подсчетов потребности в топливе, при составлении тепловых балансовых и определении КПД котельных установок. В то же время в бассейне он лишь косвенно учитывается при формировании цен на угли разных мировых и классов, хотя является комплексной величиной с точки зрения отражения в нём изменения качественного состава топлива.

Теплота сгорания рабочего топлива тесно связана с его рабочей зольностью и влажностью. Так, для угля с низшей теплотой сгорания горючей массы увеличение зольности на 1% приводит к уменьшению рабочей теплоты сгорания.

Качество добываемого угля определяется как объективными природными факторами, так и факторами субъективного характера. В частности, для энергетических углей, комплексным показателем качества, которого является рабочая теплота сгорания, можно управлять содержанием внешней золы и внешней влаги в пределах соответственно зольности чистых пачек угля и внутренней влажности.

К параметрам качества угля относится также стабильность (однородность) его качественного состава, имеющая важное значение для потребителей.

## 2 КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ СЖИГАНИЯ

### 2.1 Словое сжигание

Топочные устройства, или топки, предназначены для сжигания топлива. Конструкция топок зависит от вида и качества сжигаемого топлива и паропроизводительности котельного агрегата.

Топка представляет часть котельного агрегата, предназначенную для сжигания топлива с целью выделения химически связанного в нём тепла. Вместе с тем она является теплообменным устройством, в котором отдается излучением поверхностям нагрева часть тепла, выделяющегося при горении топлива. Наконец, в случае сжигания твердого топлива, топка в известной мере служит сепарационным устройством, поскольку в ней выпадает некоторая часть золы топлива. Таким образом, в топке происходят одновременно три процесса: горение топлива, теплоотдача лучеиспусканием и улавливание некоторой части очаговых остатков при сжигании твердого топлива.

В топочной технике в настоящее время применяются три основных способа сжигания топлива: в слое, в факеле и в вихре.

Сжигание топлива в слое является самым ранним.

В слое, возможно сжигать только твердое кусковое топливо: бурые и каменные угли, кусковой торф, горючие сланцы, древесину.

Топливо, подлежащее сжиганию, загружается на колосниковую решетку той или иной конструкции, образуя на ней плотный слой, в котором оно и сгорает.

Слоевые топки по степени механизации разделяют на: ручные (с ручным обслуживанием), механические и полумеханические.

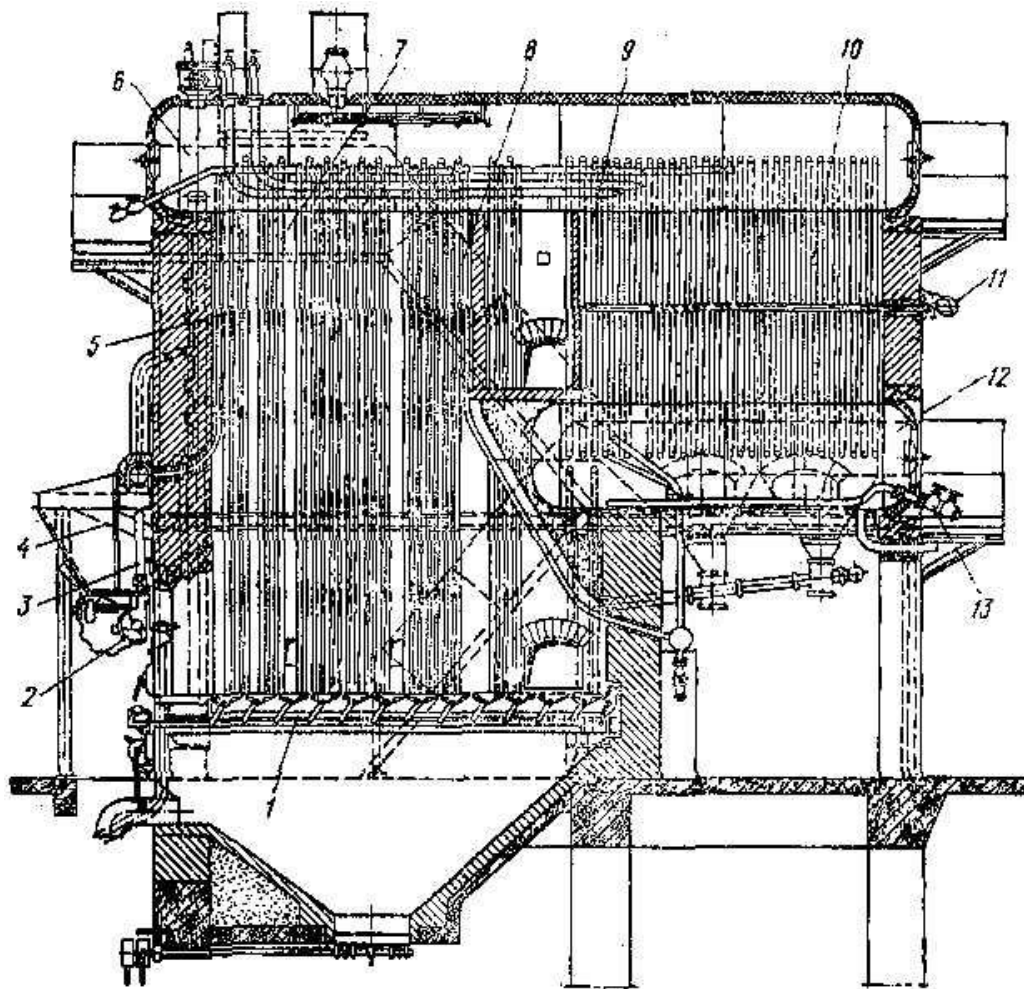
Топки, в которых основные операции по обслуживанию топочного устройства – подача топлива на решетку, шуровка топлива и удаление из топки шлака – выполняют вручную, называются ручными. Топки, в которых механизирована одна или две операции, называются полумеханическими, а в которых механизированы все операции по обслуживанию топочного устройства – механическим.

Во время войны 1914 - 1918 гг. возникла необходимость в значительном увеличении паропроизводительности котельных агрегатов и использовании непервосортных твердых топлив. Слоевая топка этой потребности не отвечала. Выход был найден в сжигании твердого топлива в пылевидном состоянии в факельном процессе в камерной топке. Этот способ снял все ограничения в росте единичной паропроизводительности котельных агрегатов и дал возможность сжигать с высокой надежностью и экономичностью даже самые низкосортные топлива. В результате пылевидный способ сжигания твердого топлива после первой мировой войны приобрел самое широкое распространение, а слоевое сжигание сохранилось в основном только для котлов малой паропроизводительности.

В факельном процессе можно сжигать топливо всех трех видов - твердое, жидкое и газообразное. При сжигании твердого топлива требуется предварительный его размол в тонкий порошок в особых пылеприготовительных

установках, основной частью которых являются топливоразмольные мельницы. Жидкое топливо распыляется в очень мелкие капли в особых форсунках; газообразное топливо не требует какой-либо особой предварительной подготовки.

На рисунке 2.1. изображён современный паровой котёл средней мощности для слоевого сжигания топлива: ДКВР 10/13 – с топкой ПМЗ-РПК (пневмомеханический забрасыватель – ручной поворотный колосник).



1- колосниковая решетка, 2 – пневмомеханический забрасыватель топлива, 3 – подвод воздуха к забрасывателю, 4 – бункер для топлива, 5 – фронтальный экран, 6 – верхний барабан, 7 – боковые экраны, 8 – задний экран, 9 – конвективный пучок труб, 10 – люк для обдувки, 11 – обдувочный прибор, 12 – нижний барабан, 13 – продувочные вентили

Рисунок 2.1- Паровой котёл ДКВР 10/13 – с топкой ПМЗ – РПК

## 2.2 Факельные топки

Развитие процесса горения в факеле определяется характером совместного протекания двух процессов – горение топлива во времени и перемещения горящего топлива в пространстве топочной камеры движущимися дымовыми газами.

Как уже отмечалось, сжиганию твердого топлива в пылевидном состоянии предшествует приготовление топливной пыли. В этот процесс входят следующие операции.

1. Первичная обработка сырого топлива, заключающаяся в отделении металлических предметов и щепы, случайно попавших в топливо (сепарация металла и щепы), грохочении и дроблении топлива, отделении содержащегося в нем серного колчедана.

2. Сушка сырого топлива.

3. Размол подсушенного топлива.

4. Отделение готовой пыли от неготовой в процессе размола (сепарация пыли).

5. Подсобные операции, как: транспортирование сырого топлива и пыли, отделение в ряде случаев готовой пыли от транспортирующего ее воздуха, взвешивание, питание и распределение сырого топлива и пыли.

Извлекать из сырого топлива, попадающие в него в процессе добычи и транспорта стальные предметы (болты, гайки, ж.-д. костыли подкладки и т. п.) и щепу следует во избежание порчи быстро движущихся элементов тех механизмов, в которые подается топливо для дробления и размола. Дробить топливо необходимо для повышения эффективности процесса сушки, так как материал сушится тем быстрее, чем он мельче, а также для повышения эффективности процесса размола, потому что при подаче в мельницу крупных кусков топлива производительность мельницы резко снижается, а расход электроэнергии на размол увеличивается. Топливо обычно дробят до максимального размера куска в 15 - 25 мм. Грохочение сырого топлива применяют для того, чтобы отделить от топлива мелочь размером менее 5 - 25 мм, которая не требует дальнейшего измельчения перед подачей в мельницу, что позволяет обойтись дробилками меньшей производительности сократить расход электроэнергии на дробление. Отделение серного колчедана обусловлено тем, что, попадая на мелющие органы быстроходных дробилок и мельниц, он ввиду своей большой крепости увеличивает износ этих органов.

К сушке топлива в процессе пылеприготовления прибегают для обеспечения эффективного размола топлива, надежного зажигания топливной пыли в топке и возможности хранения и транспортировки пыли. Сырое топливо в мельнице не размалывается, а размазывается, сырая же пыль трудно загорается, горит неустойчиво и легко тухнет, и, кроме того лишена свойств сыпучести; она зависает в пылеугольных бункерах и забивает пылепроводы. Требуемая степень подсушки топлива определяется родом топлива и схемой системы пылеприготовления. Обычно принимают, что влажность готовой пыли не должна заметно превышать величину гигроскопической влажности топлива. Чаще всего сушка совмещается с размолем топлива и осуществляется в самой мельнице горячим воздухом, подаваемым из воздухоподогревателя.

Размол топлива является целевой операцией пылеприготовления и необходимость ее очевидна сама собой.

Целесообразность отделения (сепарации) в процессе размола готовой пыли от неготовой определяется тем, что при размалывании топлива одновременно с

крупными, еще не готовыми для сжигания пылинками образуются пылинки достаточно тонкие. Если их оставлять в мельнице то это повлечет за собой бесцельный размол их, а следовательно, уменьшение производительности мельниц и увеличение расхода электроэнергии на размол.

Современный тип котла с топкой для сжигания топлива в пылевидном состоянии представляет собой прямоугольную камеру (рисунок 2.2), стены которой покрыты вертикально расположенными кипяtilьными трубами. Верхняя часть камеры примыкает к газоходу пароперегревателя и отделяется от него сильно разреженными рядами кипяtilьных труб 2, так называемым фестом. Нижняя часть, выполняемая в виде усеченной воронки, называется холодной (шлаковой) воронкой. В стенах камеры размещают пылеугольные горелки 7. Кипяtilьные трубы 4, размещенные на стенах топки и холодной воронки, называют экранами.

Сгорание топлива происходит в камере топки во взвешенном состоянии, образуя факел в виде ярко светящегося пламени. Температура факела составляет 1300 - 1500°С, снижаясь при выходе из топки до 900 - 1100°С вследствие поглощения довольно большого количества тепла топочным экраном.

Образующаяся в процессе горения топлива зола уносится из топки потоком уходящих дымовых газов, а образовавшийся шлак выпадает в холодную воронку и через ее горловину удаляется из топки.

При сжигании трудно воспламеняющегося топлива—антрацита или каменных углей часть экранов на уровне горелок покрывают огнеупорным материалом, образуя так называемый зажигательный пояс. Его выполняют из фасонного огнеупорного кирпича или специальной огнеупорной массы, наносимой на специально приваренные шипы.

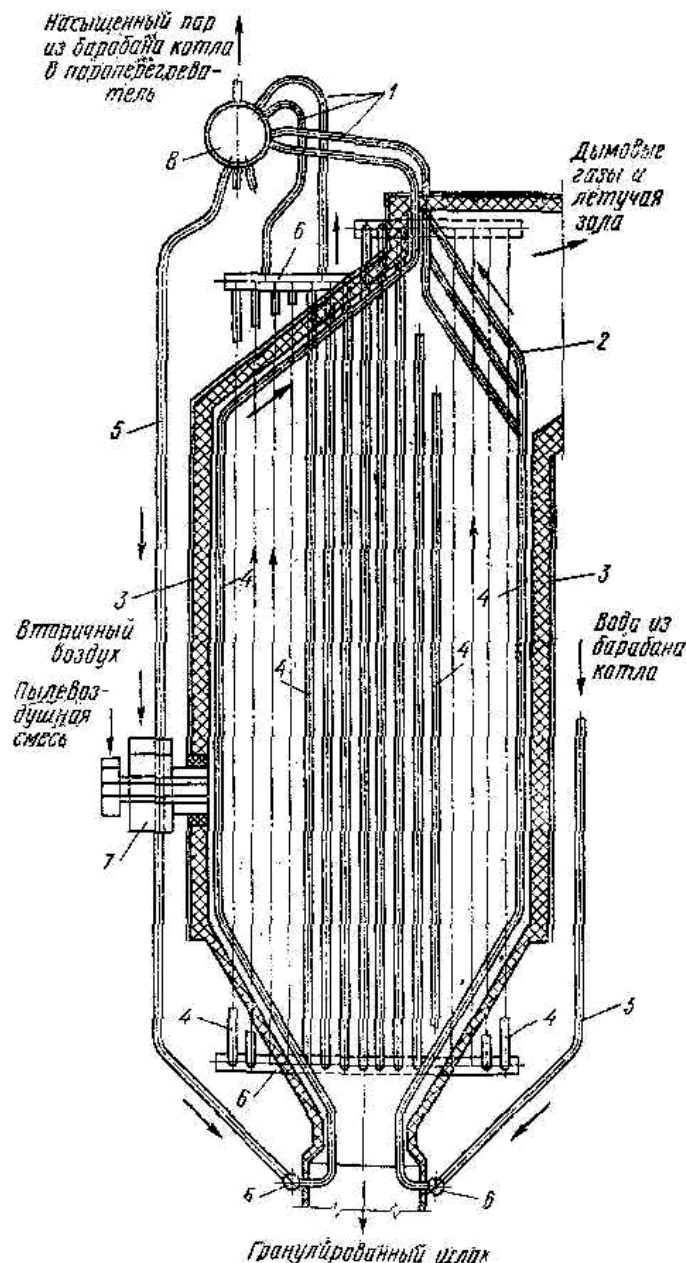
Горелки для сжигания пылевидного топлива применяют двух видов: круглые вихревые и прямоточные щелевые. Размещают их на вертикальных стенах топочной камеры: фронтально - на передней стене, встречно - на боковых стенах или передней и задней и по углам топки. Угловое расположение горелок, используемое в котельных агрегатах паропроизводительностью 75 т/ч и более, распространено значительно меньше, чем фронтальное и боковое. Фронтально горелки размещают в котельных агрегатах паропроизводительностью до 120 т/ч. Такое расположение наиболее рационально по условиям обслуживания котла. В котельных агрегатах паропроизводительностью 150 - 220 т/ч горелки располагают встречно по бокам. В еще более мощных котельных агрегатах осуществляют встречное размещение горелок на передней и задней стенах топки.

Для фронтального и встречного расположения применяют круглые закручивающие (турбулентные) горелки, создающие короткий, широко расходящийся факел, требуемый для хорошей работы топки. Наиболее распространены круглые вихревые горелки ТКЗ (Таганрогского котельного завода).

В горелке ТКЗ пылевоздушная смесь поступает в улитку, закручивается в ней и выходит в топку по кольцевому каналу, созданному двумя концентрическими стальными трубами. Вторичный воздух поступает в улитку, закручивается в ней и выходит в топку по кольцевому каналу, образованному



трубой и амбразурой горелки, выложенной в кладке стены топки. Обе струи перемещаются, причем центробежная сила способствует переносу частиц в струю вторичного воздуха, в результате достигается более равномерное распределение пыли.



1 – паропроводящие трубы, 2 – фестон, 3 – обмуровка топочной камеры, 4 – кипяtilьные трубы, 5 – опускные трубы, 6 – коллекторы, 7 – горелки, 8 – барабан котла

Рисунок 2.2 - Котёл с топкой для сжигания в пылевидном состоянии

### 2.3 Сжигание топлива в кипящем слое

Направление в борьбе с вредными выбросами, возникающими в процессе сжигания низкосортных углей, состоит в связывании серы добавкой молотого

известняка в топливо или непосредственно в топочную камеру котельной установки. Принципиальным препятствием для реализации этого направления в энергетике является слишком высокая температура, образующаяся в топках пылеугольных котлов даже при использовании топок с твердым шлакоудалением.

Новым перспективным решением, позволяющим преодолеть это препятствие, является метод сжигания топлива в кипящем слое инертного материала при температуре 800 - 1000°C. Принцип технологии сжигания в кипящем слое показан на рисунке 2.3. и 2.3.1

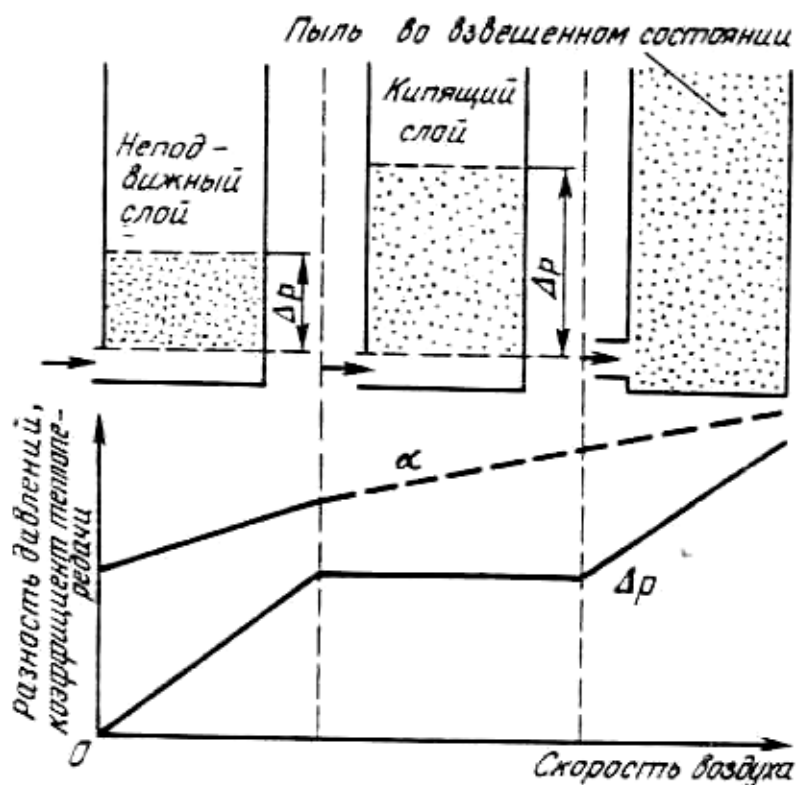


Рисунок 2.3 - Основные способы сжигания топлива в слое

Основные преимущества сжигания угля в кипящем слое состоят в следующем:

обеспечивается высокий коэффициент теплоотдачи; топочное устройство получается компактным; снижаются удельные капитальные затраты;

низкие температуры сгорания приводят к снижению выбросов оксидов азота;

добавка относительно небольшого количества известняка связывает сернистый ангидрид с зольным остатком;

появляется возможность использовать уголь с повышенным содержанием серы, с высокой зольностью и с низкой теплотой сгорания;

появляется возможность создания топочных камер с избыточным давлением, что открывает дальнейшие перспективы для снижения габаритов котельных установок;

увеличиваются возможности применения небольших установок для отопительных целей.

Несмотря на очевидные преимущества кипящего слоя, его усовершенствование и распространение были очень медленными. Причина медленного внедрения этого метода состояла, вероятно, в том, что перенесение знаний и опыта из лабораторных условий в промышленность и тем более использование нового метода сжигания в широких масштабах представляло слишком большой технический и экономический риск.

Несмотря на это, сегодня уже работает целый ряд установок, которые используют технологию кипящего слоя при сжигании или при газификации. В основном эти установки работают в химической промышленности и в энергетике, но нельзя забывать и другие отрасли, которые также используют установки для сжигания топлива в кипящем слое при атмосферном и при повышенном давлении.

Ниже отмечены еще некоторые преимущества, возникающие при использовании котлов с кипящим споем.

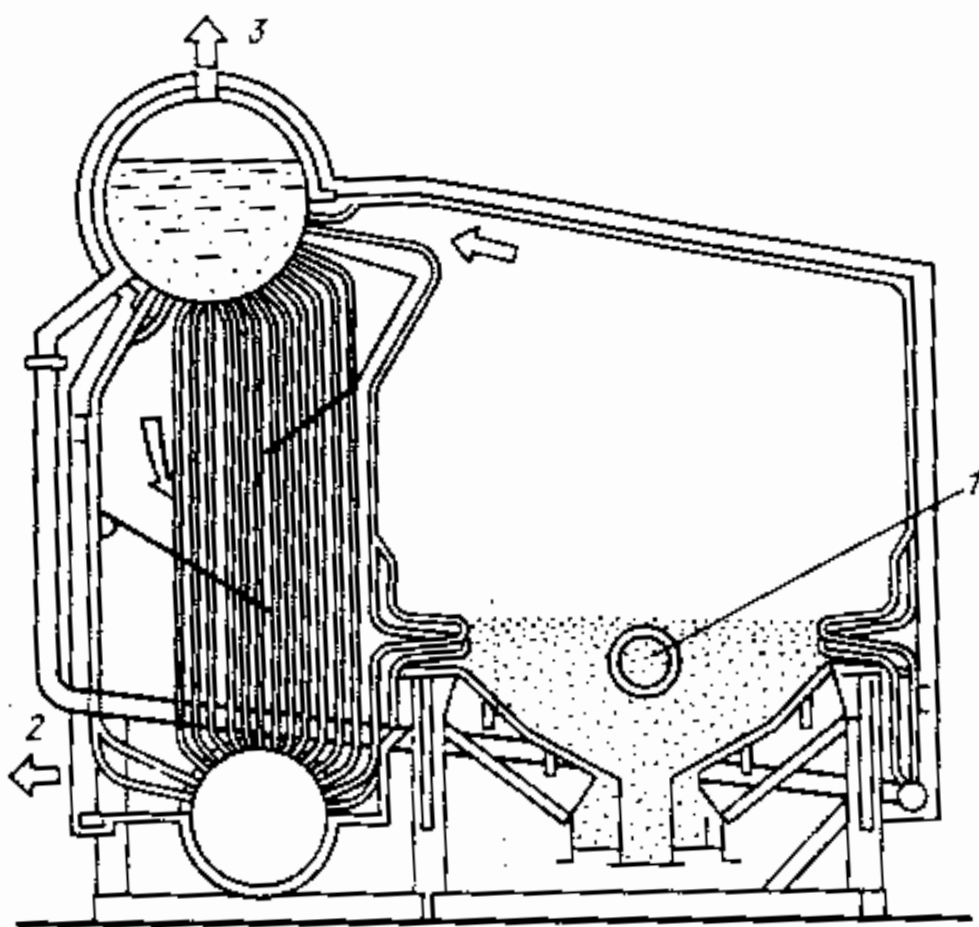
1. Процесс сжигания в кипящем слое протекает при относительно низких температурах (в диапазоне 800 - 950 °С), что практически предотвращает образование оксидов азота.

2. Содержание угля в охлаждаемом кипящем слое чрезвычайно мало (около 1% массы слоя), вследствие этого в таких котлах можно сжигать топливо с высокой зольностью и низкой теплотой сгорания.

3. Процесс сжигания в кипящем слое может протекать под давлением выше атмосферного. Это ведет к дальнейшему уменьшению размеров котла, а значит - к уменьшению габаритов котельной.

4. Применяя газовую турбину в рабочем цикле, можно повысить общий коэффициент полезного действия цикла. В этом случае происходит также снижение выбросов вредных веществ в атмосферу.

5. Так как топки с кипящим споем работают с очень низкими выбросами вредных веществ, их удобно применять как источники теплоты в системах централизованного теплоснабжения для жилых районов.



1 - ввод топлива; 2 – выход дымовых газов; 3 – пар

Рисунок 2.3.1 - Водотрубный котёл с циркулирующим кипящим слоем

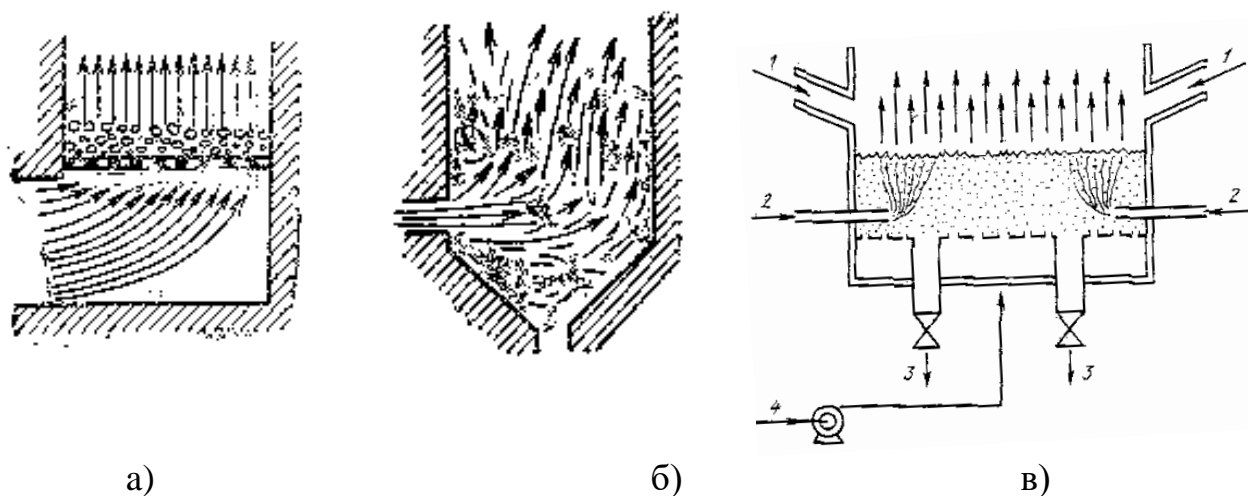
Несмотря на описанные выше преимущества технологии кипящего слоя, нельзя забывать, что некоторые аспекты ее применения все еще находятся в стадии разработки и, что для серийного производства котлов с кипящим слоем для выработки электроэнергии и теплоты необходимо еще решить проблемы, связанные с подготовкой и транспортом топлива, а также с отводом твердых отходов процесса сжигания.

### 3 КЛАССИФИКАЦИЯ ТОПОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

#### 3.1 Топочные устройства

Топочным устройством или топкой является часть котельного агрегата, предназначенная для сжигания топлива с целью выделения заключенного в нем тепла и получения продуктов сгорания с возможно большей температурой. В то же время топка служит теплообменным устройством, в котором происходит теплоотдача излучением из зоны горения на более холодные окружающие предметы, а также устройством для улавливания и удаления некоторой части очаговых остатков при сжигании твердого топлива.

По способу сжигания топлива все топочные устройства делятся на слоевые, камерные и сжигание в кипящем слое. В слоевых топках осуществляется сжигание твердого кускового топлива в слое, лежащем на соответствующей опорной поверхности. В камерных топках производится сжигание газообразного жидкого и пылевидного топлива во взвешенном состоянии. В топках с кипящим слоем сжигание твердого топлива в процессе газификации и кипящего слоя. На рисунке 3.1, показаны способы сжигания топлива.



а - слоевой, б - факельный, в - кипящий слой.

Рисунок 3.1 - Способы сжигания топлива

#### 3.2 Слойные топки

Слойные топки для сжигания разнообразных видов твердого топлива разделяются на внутренние и выносные, с горизонтальными и наклонными колосниковыми решетками.

Топки, расположенные внутри обмуровки котла, называются внутренними.

Топки, расположенные за пределами обмуровки и дополнительно пристроенные к котлу, называются выносными,

В зависимости от способа подачи топлива и организации обслуживания слоевые топки подразделяются на ручные, полумеханические и полностью механизированные.

Ручными называют такие топки, в которых все три операции — подача топлива в топку, его шуровка и удаление шлака (очаговых остатков) из топки — производятся машинистом вручную. Эти топки имеют горизонтальную колосниковую решетку.

Полумеханическими называют топки, в которых механизированы одна или две операции. К таким топкам относятся шахтные с наклонными колосниковыми решетками, где топливо, загруженное в топку вручную, по мере прогорания нижних слоев перемещается по наклонным колосникам под действием собственной массы.

Механическими топками называют те, в которых все три операции механизированы, производятся без ручного вмешательства машиниста. Топливо в топку поступает непрерывным потоком.

Топки, в которых производится слоевое сжигание кускового твердого топлива, имеют кроме колосниковой решетки, поддерживающей слой кускового топлива, топочное пространство, в котором сгорают мелкие частицы топлива и горючие летучие вещества. Каждую топку приспособляют к сжиганию определенного вида топлива. Конструкции топок весьма разнообразны, и каждая из них соответствует определенному способу сжигания.

От размеров и конструкции топки зависят производительность и экономичность котельной установки.

Топки для сжигания твердого топлива в слое разделяют на три класса:

с неподвижной колосниковой решеткой, с неподвижно лежащим на ней слоем топлива и движущейся цепной колосниковой решеткой.

Применяются топки с тремя типами забрасывателей на неподвижный слой: механическими, пневматическими и пневмомеханическими.

В качестве механических забрасывателей применяют метательные лопатки, пневматическое забрасывание производится сжатым воздухом.

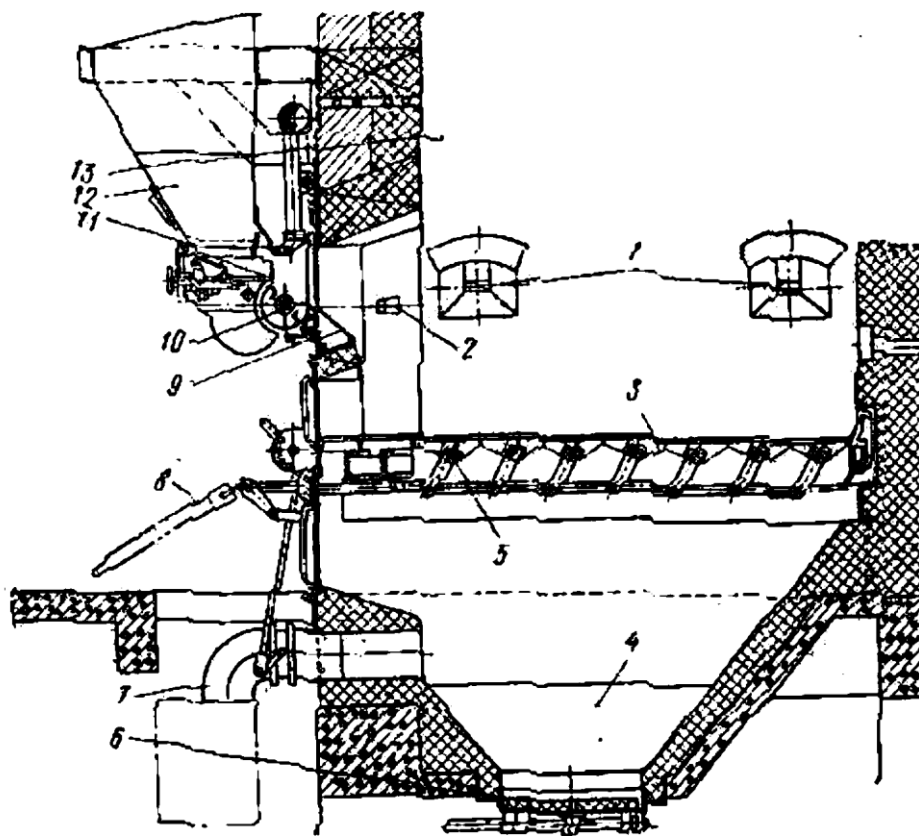
Топка с механическими забрасывателями применяется редко, так как топливо, забрасываемое в топку, распределяется недостаточно равномерно. Более мелкие куски топлива выпадают в передней части решетки, более крупные — в средней части, а средние куски топлива — ближе к концу решетки, поэтому сгорание топлива происходит неравномерно и топка работает недостаточно эффективно.

Достоинство топок с пневматическими забрасывателями по сравнению с механическими состоит в том, что процесс загрузки топлива тесно связан с процессом горения, поскольку воздух, используемый для перемещения частиц топлива в топке, одновременно требуется и, для горения этого же топлива, при этом более тяжелые куски топлива падают в передней части решетки и, для их сгорания имеется больше времени.

Наибольшее распространение получили топки с пневмомеханическими забрасывателями ПМЗ и поворотной колосниковой решеткой РПК.

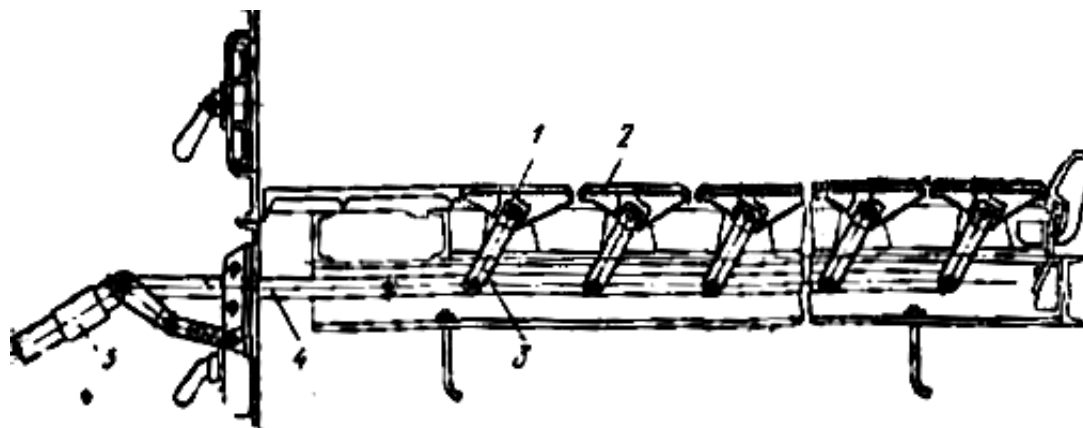
Топка ПМЗ (рисунок 3.2.1) состоит из неподвижной колосниковой решетки 3 типа РПК с чугунными поворотными колосниками, набранными в несколько рядов и, насаженными на валы 5 прямоугольного сечения. При повороте вала с помощью рукоятки 8 на угол до  $30^\circ$  в каждую сторону ряды колосников наклоняются и, через образовавшиеся между ними просветы шлак с решетки просыпается в шлаковый бункер 4.

Полотно решетки набирается из узких ребристых колосников беспровального профиля. Колосниковое полотно решетки выполняют одно-, двух- и трехсекционным (рисунок 3.2.2) шириной от 900 до 2700 мм и длиной от 915 до 3660 мм для установки как в топках с ручной загрузкой, так и в топках с механизированной подачей топлива. Каждая секция полотна колосниковой решетки имеет самостоятельный ручной или паровой привод 5 для качания колосников 2, выведенный на фронт котла.



- 1 - гляделки, 2 - боковые сопла для подвода воздуха, 3 - колосниковая решетка, 4 - шлаковый бункер, 5 - вал поворота колосников, 6 - шлаковый затвор, 7 - воздухоподводящий трубопровод, 8 - рукоятка, 9 - чугунный короб для подвода воздуха к соплу забрасывателя топлива, 10 - забрасыватель в цилиндрическом лотке, 11 - пластинчатый питатель, 12 - бункер для топлива, 13 - топочная камера.

Рисунок 3.2.1 - Топка ПМЗ с пневмомеханическим забрасывателем



1 - вал поворота колосников, 2 - чугунный колосник, 3 - рычаг,  
4 - тяга, 5 - ручной или паровой привод

Рисунок 3.2.2 - Колосниковая решетка системы РПК

Заброс топлива в топку осуществляется пневмомеханическим забрасывателем (рисунок 3.2.1), состоящим из бросающего, питательного, кулисного механизмов и редуктора (или вариатора), смонтированных в общем корпусе, который крепится к каркасу котла.

Бросающий механизм питателя выполнен в виде барабана с чугунными лопатками и ротора, вращающегося в подшипниках качения, корпуса которых оборудованы водяным охлаждением.

Питательный механизм сталкивает определенные порции топлива на ротор 3, который своими лопатками разбрасывает его по колосниковой решетке, одновременно мелкие фракции развеиваются воздухом, поступающим в забрасыватель.

Размер порций топлива, поступающего из угольного бункера, регулируется движением скорости пластинчатого питателя, который связан с вариатором приводимым в движение от вала ротора эл.двигателя через ремённую передачу.

В случае установки автоматического регулятора горения вал группового управления всех пневмомеханических забрасывателей котла может быть присоединен к сервомотору колонки регулирования.

Дальность заброса топлива регулируется передвижением плиты 7, являющейся основанием плунжера питательного механизма.

Пневмомеханический забрасыватель приводится в действие от электродвигателя через трехступенчатую клиноременную передачу, позволяющую получить различные числа, оборотов ротора в минуту: 500, 600 и 700. Вал соединяется с валом ротора первого справа забрасывателя двумя шарнирными и одной предохранительной муфтами. Валы роторов остальных забрасывателей соединены между собой аналогично.

На каждую секцию топки устанавливается отдельный пневмомеханический забрасыватель топлива.



Со стороны фронтальных плит устанавливают воздушные стояки, подводящие воздух к забрасывателям, некоторое количество воздуха подается через боковые сопла 2 (рисунок 3.2.1). Из всего количества воздуха, необходимого для горения, от 80 до 85% его подается по воздухоподводящему трубопроводу 7 под колосниковую решетку.

Для работы топki ПМЗ с пневмомеханическими забрасывателями топлива необходимо давление воздуха под колосниковой решеткой от 50 до 80 мм вод. ст. (в зависимости от топлива) и давление воздуха перед соплами пневмомеханического забрасывателя до 50 мм вод. ст.

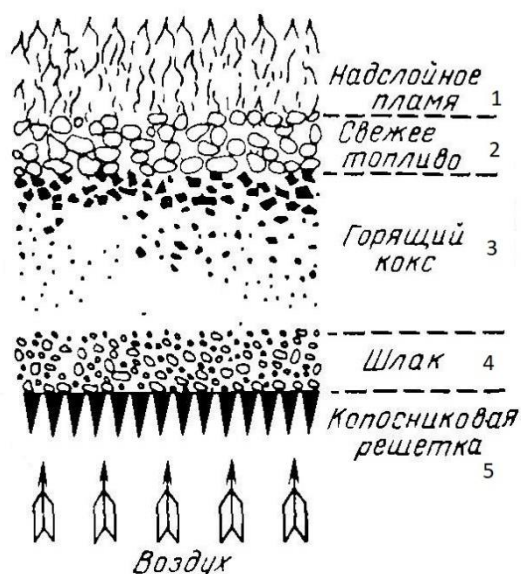
В случае выхода из строя топливоподачи или пневмомеханических забрасывателей заброс топлива до устранения неисправностей производится вручную через имеющиеся с фронта топki шуровочные дверцы.

Топки ПМЗ предназначены для слоевого сжигания каменных и бурых углей различных марок с выходом летучих веществ выше 20% и содержанием мелочи (куски от 0 до 6 мм) до 60%. Максимальный размер кусков топлива 30—40 мм.

При сжигании топлива с малым выходом летучих (антрацита) наилучшие результаты достигаются при добавках 20—30% каменных или бурых углей.

Из-за значительного уноса мелкого топлива топki ПМЗ снабжают устройствами для возврата его обратно в топку.

Процесс горения твердого топлива на горизонтальной колосниковой решетке (рисунок 3.2.3).



1 - надслойное пламя, 2 - свежее топливо, 3 - горящий кокс,  
4 - шлак, 5 - колосниковая решетка.

Рисунок 3.2.3 - Структура горящего слоя топлива в неподвижном слое

Этот процесс состоит из следующих фаз: подсушки топлива 2, выделения, воспламенения и горения летучих веществ (надслойное пламя) 1, зажигания и горения коксовой основы 3 топлива. По окончании последней фазы, длящейся довольно долго, остаются шлак и зола 4. Воздух, проходящий через слой топлива,

лежащего на колосниковой решетке 5, должен обеспечить как полное сжигание кокса в слое, так и полное сжигание летучих в топочном пространстве. Для этого процесс горения ведут так, чтобы на решетке держался тонкий слой топлива. Толщину его с учетом толщины слоя шлака поддерживают в пределах 40 - 70 мм при сжигании бурых углей и до 100 - 120 мм при сжигании антрацита.

Топливо, загруженное на решетку, поджигается нижележащим раскаленным слоем. Этот процесс называется нижним зажиганием. Одновременно загруженное топливо поджигается сверху пламенем горящих в топочном пространстве летучих веществ. Такое зажигание называется верхним.

При горении топлива развивается высокая температура, при которой может плавиться зола, в результате зашлаковываются колосники. Во избежание зашлаковывания отверстий в колосниках расплавленной золой после чистки топки на решетке оставляют слой мелкого шлака толщиной до 50мм; это обеспечивает нормальную работу колосниковой решетки. Шлаковый слой предохраняет колосники от разрушающего действия высокой температуры, развивающейся в слое горящего кокса, а при сжигании топлива с легкоплавкой золой предотвращают покрытие решетки расплавленным шлаком, не успевшим остыть. Расплавленный шлак, затвердевая у самой поверхности решетки, образует плотную шлаковую корку, закрывающую отверстия в решетке, что приводит к прекращению горения.

Горение определяется по цвету горящего слоя. При большом избытке воздуха цвет слоя ослепительно белый, при неполноте горения из-за нехватки воздуха - красный с синеватым огоньком, а при нормальном горении - желто-розовый.

По мере работы на колосниковой решетке накапливается шлак.

С увеличением толщины шлаковой подушки увеличивается сопротивление прохождению воздуха, в результате ухудшается горение. Для улучшения прохождения воздуха через слой шлака последний подрезают. При этом шлак не поднимают высоко, чтобы он не перемешивался с горящим топливом. Когда слой шлака увеличится настолько, что подрезка не улучшает горения, приступают к чистке топки.

Перед чисткой топки слой топлива выжигают, оставляя в достаточном количестве раскаленные угли для растопки свежего топлива. Далее уменьшают дутье и прикрывают шибер. Раскаленные угли отгребают на одну сторону решетки, а со второй стороны выгребают шлак, оставив тонкий слой мелкого шлака. Потом уголь перегружают на вычищенную сторону и вычищают вторую половину топки. После этого разравнивают раскаленные угли по всей колосниковой решетке и загружают свежее топливо.

Загружать угли с большим количеством летучих (длиннопламенные угли) равномерно по всей поверхности колосниковой решетки нецелесообразно, так как сразу выделяется очень много летучих, которые полностью не успевают сгореть из-за нехватки воздуха.

Спекающиеся длиннопламенные угли через некоторое время после загрузки топлива образуют поверх горящего слоя корку, которая препятствует прохождению воздуха. После загрузки такого угля на колосниковую решетку и прекращения

выделения летучих образовавшуюся корку срезают, чтобы уменьшить сопротивление прохождению воздуха. Подрезают топливо аккуратно, не смешивая его с золой и шлаком. Подрезку производят шуровкой или легким ломиком. Спекающиеся угли, обладающие большой зольностью и легко крошащиеся, например печорский уголь, не подрезают, а прокалывают кочергой.

### 3.3 Факельные топki

В современных топочных устройствах сжигание твердого топлива производится не только слоевым способом, а также и камерным. Камерные топki подразделяют в зависимости от рода сжигаемого топлива и характера организации газозвдушного потока на факельные и вихревые (или циклонные). Факельный способ позволяет сжигать с высокой надежностью и экономичностью самые различные виды топлива.

Факельные топki применяют для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива. При этом твердое топливо должно быть предварительно размолото в тонкий порошок в специальных пылеприготовительных установках, а жидкое топливо - распылено на очень мелкие капли в специальных приборах, называемых форсунками. Газообразное топливо не требует предварительной подготовки.

Твердые топлива в пылевидном состоянии сжигаются под котлами паропроизводительностью до 25 т/ч и выше, а жидкое и газообразное топливо - под котлами любой паропроизводительности, от самых мелких до самых больших котлов.

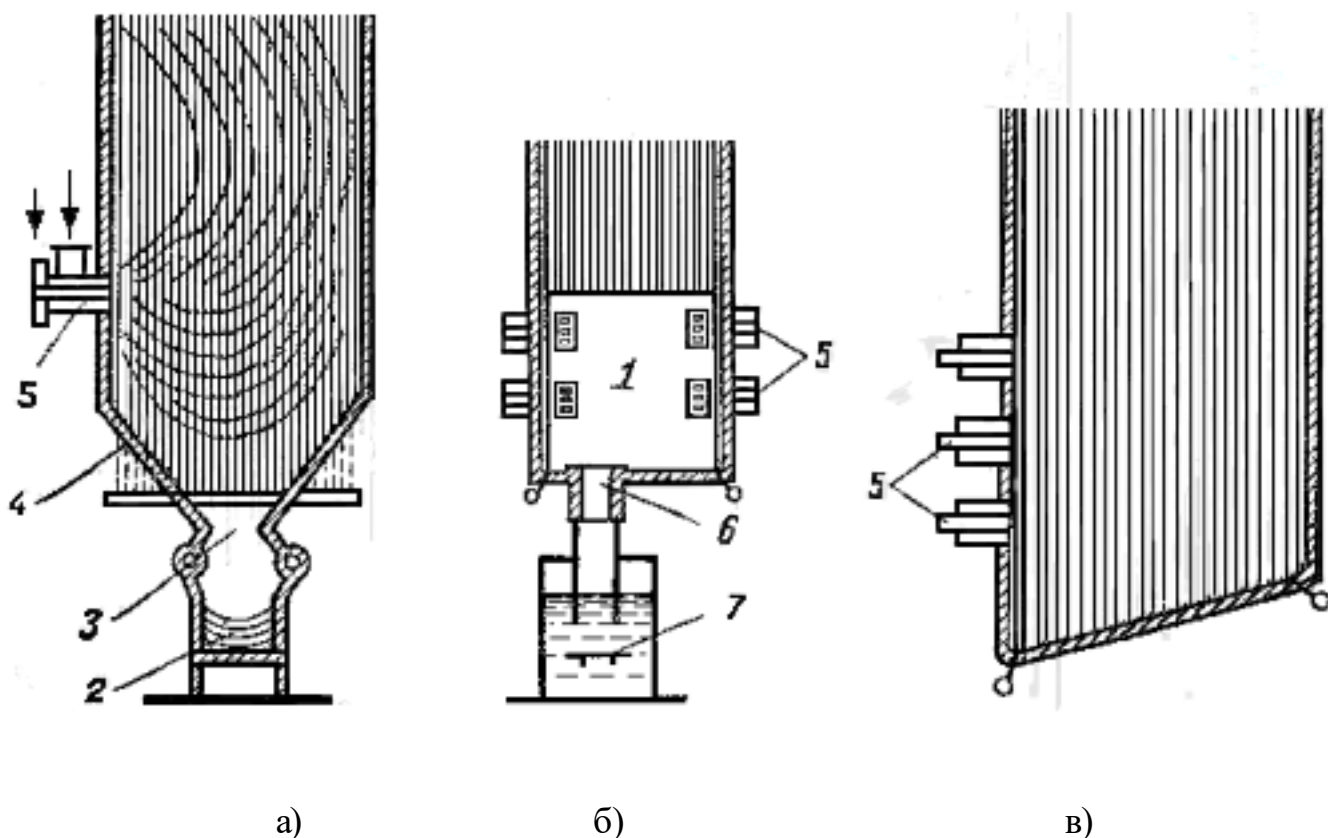
Факельные топki представляют собой прямоугольные камеры (рисунок 3.3.1), выполняемые из огнеупорного кирпича. Стены топочной камеры внутри покрывают системой кипятильных труб, называемых топочными экранами, а иногда и трубами радиационного пароперегревателя. Они представляют собой эффективную поверхность нагрева котла, воспринимающую большое количество тепла, излучаемого факелом, в то же время предохраняют кладку топочной камеры от износа и разрушения под действием высокой температуры факела расплавленных шлаков.

По способу удаления шлака факельные топki для пылевидного топлива разделяют на два класса: с удалением шлака в твердом состоянии и с жидким шлакоудалением.

Камера 1 топki с удалением шлака в твердом состоянии (рисунок 3.3.1, а) снизу имеет воронкообразную форму, называемую холодной воронкой 4. Капли шлака из факела падают в эту воронку, затвердевают в ней вследствие более низкой температуры в воронке, гранулируются в отдельные зерна и через горловину 3 попадают в шлакоприемное устройство 2, откуда специальным механизмом отводятся в систему шлакоудаления.

Камера 1 топki с жидким шлакоудалением (рисунок 3.3.1, б) имеет снизу горизонтальный или слегка наклонный под, который в нижней части топочных экранов имеет тепловую изоляцию для поддержания температуры, превышающей температуру плавления золы. Расплавленный шлак, выпавший из

факела на под, остается в расплавленном состоянии и вытекает из топки через летку 6 в шлакоприемную ванну 7, наполненную водой, затвердевает и растрескивается на мелкие стекловидные частицы.



а - для пылевидного топлива с твердым шлакоудалением, б - однокамерная для пылевидного топлива с жидким шлакоудалением, в - факельная для сжигания жидкого и газообразного топлива  
 1 - топочная камера, 2 - шлакоприемное устройство, 3 - горловина, 4 - холодная воронка, 5 - горелка, 6 - летка, 7 - шлакоприемная ванна

Рисунок 3.3.1 - Схемы факельных топок

Факельные топки для жидкого и газообразного топлива (рисунок 3.3.1,в) выполняют с горизонтальным или слегка наклонным подом, который иногда не экранируют. Горелки в топочной камере размещают на передней и боковых стенках и по ее углам. Горелки бывают прямоточными и вихревыми.

### 3.4 Топки для сжигания в кипящем слое

При классификации топок с кипящим слоем можно использовать различные показатели. По уровню температур, например, все конструкции можно разделить на топки со шлакованием в кипящем слое и топки без шлакования. Исследованиями было показано, что границей, разделяющей топки по этому принципу, является температурный уровень в 1000 °С. Именно при этой

температуре начинается плавление ортосиликата железа  $\text{FeSiO}_3$ , который находится в шлаке почти всех твердых топлив.

По степени завершенности окислительных реакций топки кипящего слоя можно разделить на топки для сжигания и топки для газификации твердого топлива.

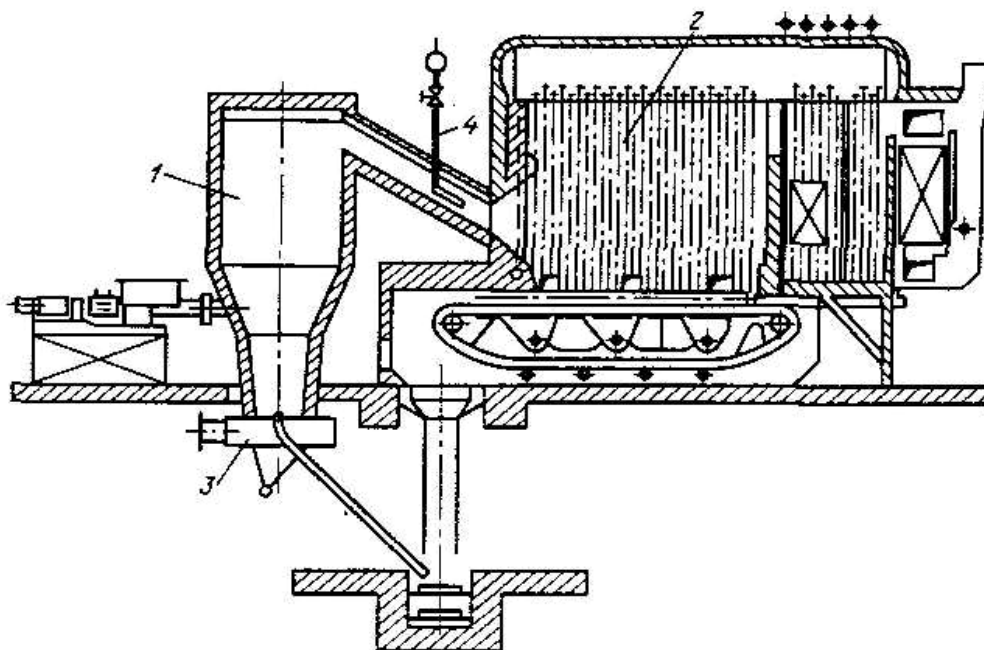
Сжигание в кипящем слое - контролируемый процесс окисления твердых, жидких или газовых топлив до получения  $\text{CO}_2$ , воды и шлака. Сера и азот, содержащиеся в топливе, при сжигании образуют оксиды, которые загрязняют атмосферу. В кипящий слой подают воздух в количестве, большем стехиометрического. Пространство, в котором происходит сжигание, называется топкой с кипящим слоем.

Газификация в кипящем слое — это такой процесс окисления, при котором в слой подается воздуха меньше, чем это необходимо для полного сгорания, но достаточно для псевдооживления слоя. При газификации из топки уходит горючий газ, который можно сжигать. Пространство, в котором происходит газификация в кипящем слое, называется оживляющий реактор (рисунок 3.4.1). Он может устанавливаться автономно перед обычным котлом или может сооружаться как неотъемлемая часть котла.

По условиям теплового равновесия топки с кипящим слоем могут быть разделены на неохлаждаемые, частично охлаждаемые и охлаждаемые. Неохлаждаемый кипящий слой обычно используют для газификации углей с низкой теплотой сгорания, стенки реактора в этом случае изготавливают из керамического материала.

Тепловое равновесие кипящего слоя определяется равенством тепловыделения при газификации в кипящем слое и суммой количества теплоты, необходимой для обогрева подводимого оживляющего воздуха, для нагрева подводимого количества топлива и потерь теплоты, связанных с излучением стенок в окружающую среду. Выделение теплоты при газификации и при термической подготовке воздуха и топлива с изменением мощности котла ограничено минимальной и максимальной входной скоростью оживляющего воздуха (пороговой скоростью оживления и пороговой скоростью уноса).

Частично охлаждаемый кипящий слой можно использовать для газификации углей с повышенной теплотой сгорания или горючих отходов. В кипящий слой при этом погружают охлаждающую поверхность теплообмена (это может быть экономайзер, испарительная система, пароперегреватель). Иногда эти поверхности теплообмена образуют верхнюю часть ограждающих стенок кипящего слоя. Тепловое равновесие кипящего слоя определяется равенством тепловыделения при газификации в кипящем слое и потреблением теплоты на термическую подготовку подводимого воздуха и топлива, а также теплоты, отбираемой из кипящего слоя погруженными поверхностями нагрева.



1 – реактор с кипящим слоем, 2 – механическая решётка, 3 – воздушная камера, 4 – вторичный воздух

Рисунок 3.4.1 - Водотрубный паровой котёл с движущейся колосниковой решёткой

Охлаждаемый кипящий слой используется при сжигании топлива в кипящем слое. При этом в слой погружают охлаждающие поверхности теплообмена (экономайзер, перегреватель или комбинацию этих поверхностей нагрева). Тепловое равновесие определяется равенством между выделением теплоты при сгорании топлива и потреблением теплоты для термической подготовки воздуха и топлива, подводимых в кипящий слой, а также отводом теплоты к поверхностям теплообмена. При обессеривании продуктов сгорания в кипящем слое на тепловое равновесие влияют также экзотермические и эндотермические реакции. Регулирование мощности котла с кипящим слоем - одна из самых сложных проблем этого способа сжигания. Разработанные в настоящее время способы регулирования мощности для отдельных агрегатов будут описаны в последующих главах.

По давлению, при котором происходит процесс сжигания, топки кипящего слоя можно разделить на топки, работающие при атмосферном давлении, и топки, работающие под давлением.

Разделение процесса сжигания топлива на две ступени - газификацию и выгорание - предъявляет повышенные требования к пространству перед котлом. Но этот способ сжигания дает универсальное решение для приспособления старых котлов с механическими и пылеугольными топками, а также и газомазутных котлов для сжигания некачественных высокозольных топлив. Сжигание в предтопке с кипящим слоем можно также использовать для стабилизации факела на больших пылеугольных котлах взамен мазута.

Реактор с кипящим слоем в этом случае пристраивают к камере сгорания исходного котла. Реактор выполняют таким образом, чтобы генерируемые горючие газы с температурой 850 - 900°C после выгорания в камере сгорания обеспечивали (вместе с основным факелом) требуемую мощность котла. Воздух для сгорания топлива разделяется на первичный (ожижающий) и вторичный (для дожига). При этом 50 - 70% стехиометрического количества воздуха ожижает сырой уголь (бурый с размером зерна 0 - 10 мм, иногда 15 мм, или каменный с размером зерна 0 - 6 мм). Это количество воздуха при незавершенном горении обеспечивает температуру в слое в диапазоне 800 - 900°C. Эта температура контролируется быстродействующим термометром, по импульсу от которого увеличивается или уменьшается расход сжижающего воздуха.

Регулирование мощности простое: добавлением топлива нарушается тепловое равновесие, температура падает и регулятор сразу добавляет необходимое количество воздуха. При необходимости снизить нагрузку все операции проводятся в обратном направлении.

Продукты газификации, выходящие из кипящего слоя, очищаются от наиболее крупных частиц и вместе с вторичным воздухом направляются в камеру сжигания котла, где происходит их догорание. Газы на выходе из реактора содержат негорючие составляющие ( $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ ) и горючие составляющие ( $H_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ). Теплота сгорания этих газов разная, в зависимости от вида угля и мощности реактора. При сжигании бурого угля вместе с газами выносятся более 90% золы, поступающей в реактор вместе с углем. Остальное количество золы, преимущественно более крупные частицы, периодически выпускается из нижней части кипящего слоя. У более мощных реакторов предполагается постоянный отвод этой части золы с использованием ее теплосодержания.

Если основная камера сгорания не снабжена выгорающей решеткой, то в этот же теплообменник поступает часть золы, отсепарированной в камере сжигания котла. По измерениям на существующем оборудовании доля золы, отсепарированной в камере сгорания, составляет 30%, так что общее количество использованной в теплообменнике золы из котла и реактора составляет около 70%. Остальное количество уходит с продуктами сгорания в золоуловители.

Способ сжигания топлива выбирается в зависимости от его вида, рода и качественных характеристик, а также от величины паропроизводительности котельного агрегата.

### **3.5 Неоднородность качества топлива**

Разработка пластов сложного строения, характеризующаяся изменением углов наклона, переслаиванием угольных и породных прослоек различной зольности, природной неоднородностью качества угля по глубине и по простирании залежи, приводит к колебаниям качества отгружаемого потребителю топлива.

Технологический же процесс обогатительных фабрик, электростанций и других потребителей настраивается на средние значения качественного состава перерабатываемого или потребляемого полезного ископаемого, поэтому любые

отклонения качественного состава угля от средних значений отрицательно сказываются на эффективности технологического процесса.

Колебания качества полезного ископаемого снижают надежность и эффективность работы, как правило, высоко инерционных перерабатывающих технологических систем, затрудняют управление процессами обогащения, сжигания и переработки, что влечет за собой значительные потери сырья (до 5%) и реагентов (до 10%), снижение производительности оборудования (до 10%), уменьшение выхода концентрата, ухудшение его качества, увеличение себестоимости продукции.

Установлено, что КПД паровых котлов снижается на 0,2 – 0,4% на каждый 1% увеличения зольности угля и при этом еще увеличивается количество энергоблоков для ремонта, так как увеличение золы на 6 – 8% приблизительно вдвое ускоряет износ поверхностей нагрева котлов. Все это крайне отрицательно сказывается на экономических показателях работы электростанций. Однако в настоящее время технические требования на угли допускают пределы колебания золы в угле, поставляемом на электростанции, с 7 до 40% и выше, тогда как экономически оправданные колебания составляют, согласно мировой практике, всего 1-2%.

Аналогичное действие оказывают колебания в топливе влага, которая ухудшает процесс горения, КПД тепловых установок, интенсифицирует процесс образования серной кислоты в продуктах горения. При приросте влаги на 1% пережог топлива возрастает на 0,2 – 0,3%.

Еще более неприятные последствия несут повышение и колебания содержания серы в угле, которая приводит к интенсивной коррозии оборудования, имеющего контакт с продуктами сгорания, и сокращает срок его службы в 3-5 раз. Кроме этого, колебания качественного состава угля вызывают и ухудшение экологической обстановки за счет увеличения выбросов в атмосферу и в воду, расширения площадей, занимаемых отходами сжигания, ухудшения климатических условий.

При поступлении же сырья стабильного качества упрощается управление технологией переработки, появляется возможность автоматизации процесса, достигаются наилучшие техника - экономические показатели и в конечном итоге полнее и рациональнее используются природные ресурсы.

В этой связи одним из главных направлений повышения качества угля является обеспечение однородности его качественного состава.

Процесс, включающий комплекс технологических операций и организационных мероприятий, направленных на повышение однородности качественного состава добываемого полезного ископаемого или продуктов его переработки, называется усреднением.

Усреднение - сложный технологический процесс, направленный на повышение однородности качественного состава сырья, начинается в забоях карьера, продолжается в транспортных цепочках и на складах карьера, на обогатительных фабриках и заканчивается на коксохимических заводах, тепловых электростанциях и других предприятиях, использующих уголь.



## 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1 Смесь топлива

Тепловые электростанции играют существенную роль в энергоснабжении предприятий цветной металлургии. Техника – экономические показатели выработки электрической и тепловой энергии на большинстве станций находятся на удовлетворительном уровне и соответствуют установленному оборудованию и режимам его эксплуатации. Совершенствование тепловых схем и режимов работы котельных и турбинных агрегатов электростанций дает существенное снижение норм расхода топлива на производство тепловой и электрической энергии.

На примере производственной котельной ПАО «Разреза Балахтинский» произведем расчет технико – экономических показателей по сжиганию смеси топлива , после его усреднения. Это позволяет экономить топливо , повышения стабильности работы котельной установки, и в целом обеспечить эффективность ее работы. Приготовление смеси производится в гравитационной установке по смешиванию в процессе подготовки топлива.

Для приготовления топлива будем использовать Балахтинский уголь с разных разрезов «Новый» и «Восточный» в одинаковых пропорциях, на выработку тепловой энергии в 1Гкал на Балахтинском угле по проекту необходимо израсходовать 197кг, а при использовании усреднительной установки количество смеси для 1Гкал равно 182кг.

### 4.2 Годовой расход топлива котельной установки

На производственной котельной ПАО «Разреза Балахтинский» установлено пять паровых котлов марки ДКВР – 10/13: производительность котла 5,5 Гкал/ч, выработка пара 10т/ч и рабочее давление 13кг/см<sup>2</sup>. Режим работы котельной непрерывный и составляет 273 суток.

Годовое потребление топлива котельной установки определяем по формуле:

$$B_n^{год} = B n_k h_{год} \left( 1 + \frac{\sum B}{100} \right), \text{ т/год:} \quad (4.1)$$

где  $B \frac{год}{н}$  - часовой расход натурального топлива при работе его в расчетных условиях т/ч;

$n_k$  - количество котлов установленных в котельной (расчет ведем для одного котла);

$h_{год}$  - число часов работы котлоагрегата в году;

$\sum B$  - суммарная величина потерь топлива при работе котельной, % :  
при транспортировке и хранении – 0,5;

при не расчетной паропроизводительности и отклонений от режимных условий –  $2 \div 3$ ;

при продувке котлов и обдувки поверхностей нагрева котельных агрегатов –  $1,5 \div 2$ ;

при собственном расходе пара котла, на дутье, на растопку и прочие –  $2 \div 3$ .

Находим расход топлива при сжигании с Восточного разреза угля:  
часовой расход по формуле (4.1)

$$B = 5,5 * 197 = 1,084 \text{ т/ч};$$

суточный расход

$$B_{\text{сут}} = 1,084 * 24 = 26,016 \text{ т/сут};$$

годовое потребление

$$B_{\text{год}} = 1,084 * 1 * 6552 * \left( 1 + \frac{0,5 + 3 + 2 + 3}{100} \right) = 7706 \text{ т/год}$$

Определяем расход топлива при сжигании смеси топлива (усредненного) из Восточного и Нового угля в равных пропорциях:

часовой расход

$$B = 5,5 * 182 = 1,001 \text{ т/ч};$$

суточный расход

$$B = 1,001 * 24 = 24,024 \text{ т/сут.};$$

годовое потребление

$$B_{\text{год}} = 1,001 * 1 * 6552 * \left( 1 + \frac{0,5 + 2 + 1,5 + 2}{100} \right) = 6952 \text{ т/год}$$

Определяем изменение затрат по топливу по формуле (4.2)

$$\Delta C_{\text{т}} = \Delta P * Ц \quad (4.2)$$

где  $\Delta P$  – количество топлива, т;  $Ц$  – цена за тону, руб.;

$$\Delta C_T = (7706 * 219,4) - (6952 * 0,5 * 219,4 + 6952 * 0,5 * 253) = 48634 \text{ руб.}$$

Находим дополнительные затраты на эксплуатации установки по смешиванию по формулам (4.3 и 4.4)

$$\Delta C_{\text{см}} = K * (H_a + H_{\text{рем}}) + C_{\text{эл}}, \text{ руб.} \quad (4.3)$$

$$C_{\text{эл}} = T_{\text{д}} * P_{\text{эл}} * K_y * \Pi_{\text{эл}}, \text{ руб.} \quad (4.4)$$

где  $K$  – капитальные вложения на установку, тыс. руб.;

$H_a$  – норма амортизации, %;

$H_{\text{рем}}$  – норма ремонта, %;

$C_{\text{эл}}$  – стоимость электроэнергии, руб.;

$T_{\text{д}}$  – календарный фонд рабочего времени оборудования, сут.;

$P_{\text{эл}}$  – мощность эл.двигателя установки, кВт;

$K_b$  – коэффициент использования установки, %;

$K_y$  – количество оборудования, шт;  $\Pi$  – цена эл.энергии, руб.

$$C_{\text{эл}} = 273 * 17 * 0,3 * 1 * 1,2 = 1670,76 \text{ руб.}$$

$$\Delta C_{\text{см}} = 100000 * (0,1 + 0,06) + 1670,76 = 17670,76 \text{ руб.}$$

Условно годовая экономия рассчитывается по формуле (4.5)

$$\Delta C = \Delta C_T - \Delta C_{\text{см}} \quad (4.5)$$

$$\Delta C = 48634 - 17670,76 = 30963,24 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект находим по формуле (4.6)

$$\Xi = \Delta C - E_n * K, \text{ руб.}, \quad (4.6)$$

где  $E_n$  – нормативный коэффициент экономической эффективности, %;

$K$  – стоимость установки, руб.

$$\Xi = 30963,24 - 0,15 * 100000 = 15963,24 \text{ руб.}$$

Данные расчетов приведены в таблице 4.1

Таблица 4.1 – Показатели расчетов расхода топлива и экономического эффекта.

Показатели	Ед. изм.	Базовый	Предлагаемый	Изменения
Годовая выработка тепловой энергии	Гкал	36036	36036	—
Капитальные вложения на установку по смешиванию	Тыс.руб	—	100	—
Состав топлива	%	Балахтинский уголь (100)	Смесь (50 x 50)	—
Расход топлива	Кг/Гкал	197	182	- 15
Потери топлива при работе котельной установки	%	8,5	6	-1,5
Годовое потребление топлива	Т	7706	6952	-754
Цена топлива	Руб/кг	219,4	253,0	—
Годовые затраты на топливо	Руб.	1690696,4	1642062,4	- 48634
Годовые затраты по эксплуатации установки смешивания	Руб.	—	17670,7	17670,7
Условно годовая экономия	Руб.	—	33620,2	—
Годовой экономический эффект	Руб.	—	15933,24	—

## **5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РЕМОНТЕ ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ И ПЫЛЕПРИГОТОВИТЕЛЬНЫХ ЦЕХОВ**

Охраной труда называют систему организационных и технических мероприятий, осуществляемых на производстве для защиты здоровья и жизни трудящихся от вредных условий и несчастных случаев. Охрана труда состоит из двух самостоятельных разделов - санитарно-гигиенические мероприятия (промышленная санитария) и мероприятия по технической охране труда (техника безопасности).

Промышленная санитария включает мероприятия по борьбе с вредными воздействиями на организм человека промышленных ядов, газов, пыли, производственного шума, а также мероприятия по рациональному устройству отопления, вентиляции и освещения.

Техника безопасности включает мероприятия по защите здоровья и жизни работников от несчастных случаев, возникающих и производстве, а также по предупреждению этих случаев.

### **5.1 Промышленная санитария**

На самочувствие и работоспособность человека оказывают большое влияние метеорологические факторы - температура, влажность и скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на тепловое состояние тела человека. Жизнь человека возможна в очень маленьком интервале температур тела. Нормальная температура тела  $36,5^{\circ}\text{C}$ . При температуре тела  $32$  и  $42^{\circ}\text{C}$  наступает смерть.

От переохлаждения тело человека защищает отопление, одежда, работа, движение, а от перегрева — выделение и испарение пота. На испарение расходуется большое количество тепла, отнимаемое с поверхности кожи. Интенсивность выделения и испарения пота поддерживает температуру тела на нормальном уровне. Если же нарушается выделение или испарение пота, тело человека перегревается и наступает тепловой (или солнечный) удар.

Выделение пота может быть нарушено обезвоживанием организма, нарушением его водного режима. Из организма вместе с потом выделяются соли, главным образом поваренная. Уменьшение содержания солей в организме в свою очередь способствует выделению влаги, так как соли обладают свойством удерживать влагу в организме человека. Для поддержания нормального водно-солевого равновесия в организме рабочие в горячих цехах обеспечиваются газированной и подсоленной водой.

Испарение пота возможно при недостатке влаги в окружающем воздухе. Если воздух полностью насыщен парами, влага не испаряется, а, наоборот, водяные пары из воздуха конденсируются.

Содержание влаги в воздухе определяется относительной влажностью, которая представляет собой процентное отношение находящихся в воздухе паров к максимально возможному количеству влаги в воздухе при данной температуре. Длительное пребывание человека при относительной влажности, близкой к  $100\%$ .

очень тяжело отражается на организме и возможно только при температурах значительно более низких, чем температура человеческого тела. Пребывание в среде с температурой  $36,5^{\circ}\text{C}$  и относительной влажностью 100% может закончиться смертью. Именно поэтому в барабанах остановленных котлов, в которых относительная влажность очень высока, запрещается работать при температурах более  $45^{\circ}\text{C}$ , а при более низких температурах после 20 мин работы устанавливается отдых вне барабана продолжительностью также 20 мин.

На интенсивность охлаждения тела человека, а также на испарения пота значительное влияние оказывает скорость воздуха. В горячих цехах, кроме общей вентиляции, устраивают местную вентиляцию, подавая к рабочим местам свежий и более холодный воздух, увлажненный разбрызгиваемой водой.

Для работы в барабанах котлов и других местах с высокой температурой применяют специальные душирующие установки, которые подают холодный увлажненный воздух. Величину скорости выбирают, исходя из условия интенсивности охлаждения и недопущения вредного влияния сквозняков. В холодный период года скорость воздуха в горячих цехах устанавливают до 3 м/сек при легкой работе и 4 м/сек при тяжелой работе. В теплый период года скорость воздуха может быть повышена соответственно до 4 и 5 м/сек.

## **5.2 Влияние газов и пыли на организм человека**

Воздух производственных помещений загрязнен вредными примесями, главным образом газами и пылью. Предельное содержание вредных газов и пыли в воздухе устанавливается нормами в зависимости от свойств газов и пыли, влияния их на организм человека, и типа производства.

В котельных цехах электростанций самыми распространенными загрязнителями воздуха являются топливная пыль, зола и продукты сгорания топлива (газы, дым). При сжигании сернистого топлива продукты сгорания содержат сернистый газ. На рабочих местах могут появиться и другие вредные газы. При их появлении в воздухе слесарь должен немедленно заявить мастеру о необходимости проведения контрольного анализа воздуха.

Предельное содержание в воздухе токсической пыли (ртути, фосфора, марганца) устанавливается такими же нормами, как и для вредных газов и паров. К нетоксическим видам пыли относят топливную пыль, золу, асбест, песок. Предельное содержание в воздухе производственных помещений нетоксической пыли, содержащей кварц более 10% и асбестовые отходы,— до  $2\text{ мг/м}^3$ ; а всех остальных видов нетоксической пыли — до  $10\text{ мг/м}^3$ .

Пыль с размерами частиц  $10\text{ мк}$  и более в легкие человека обычно не попадает, а задерживается в дыхательных путях, для чего необходимо дышать через нос, а не ртом.

При небольшой запыленности воздуха около 50% вдыхаемой пыли задерживается в носу и удаляется вместе со слизью. Остальная половина пыли, пройдя через нос, частично (около 10—40%) задерживается носоглоткой и удаляется при отхаркивании. Обратно из легких выдыхается до 10% пыли.

Следовательно, в легких задерживается от 10 до 30% пыли, содержащейся в атмосфере.

При чрезмерном запылении воздуха носоглотка не справляется с улавливанием пыли и она в больших количествах оседает в легких. Угольная пыль и угольный дым, попавшие в мелкие бронхи и альвеолы легких, обволакиваются клетками ткани, которые отделяются от легких и отхаркиваются. Черная мокрота работников углеподачи и пылеприготовления представляет собой скопления клеток ткани с заключенными внутри пылевыми частичками. Поэтому вдыхание угольной пыли и угольного дыма не оказывает длительного вредного влияния на здоровье человека.

Кварцевая и металлическая пыль труднее удаляется из легких, поэтому оказывает на организм значительно худшее влияние. Длительное вдыхание кварцевой пыли вызывает заболевание, называемое силикозом. Металлическая и кварцевая пыль наносит своими острыми краями огромное количество ранок на ткани легких. Эти ранки являются хорошей средой для инфекций и ослабляют организм.

В котельных цехах электростанции ведется активная борьба с пылением и выбросом газов, за оздоровление условия труда. Уплотнение котельных агрегатов и оборудования топливоподачи и пылеприготовления значительно снижает содержание пыли и газов в воздухе. Применение рациональной вентиляции обеспечивает поддержание запыленности в пределах нормы. В местах с повышенным пылением и выделением газов применяют индивидуальные средства защиты (промышленные респираторы и противогазы).

### **5.3 Влияние производственных шумов на организм человека**

Ненормальные производственные шумы являются причиной профессиональных заболеваний (тугоухость и глухота). При длительном (в течение нескольких месяцев или лет) пребывании человека в очень шумных помещениях развивается бессонница, ухудшается пищеварение, понижается внимание, развивается пугливость. Особенно вредно действуют на организм человека неожиданные шумы, вызываемые продувкой паропроводов в атмосферу, работой предохранительных клапанов, хлопками взрывных клапанов, пробиванием прокладок во фланцах трубопроводов, поломка водомерных стекол, гудками и др.

Ненормальные шумы понижают производительность труда и мешают правильному восприятию команд, указаний и предупредительных сигналов, что нередко является причиной несчастных случаев на производстве.

Сила (громкость) шумов и звуков измеряется единицей, называемой децибелом (дБ). Вредное влияние шумов утомляемость от них зависят не только от громкости, но и от частоты колебаний звуковой волны. Звуки высоких частот (например, вибрация тонких стальных пластинок при ручной опиловке в тисках) нетерпимы для слуха, даже если они не громкие.

Нормальным звуком называют такой, который при любой длительности воздействия не вредит человеку. Громкость нормального звука равна примерно 70

дБ при частоте колебаний не выше 1000 в секунду. При таких звуках люди в помещении могут вести разговор, не повышая голоса. Максимально допустимым звуком в производственной обстановке считается звук, громкостью до 80дБ.

Шум при клепке достигает громкости 100дБ, при работе с пневматическими дрелями - 95дБ, при работе парового молота - 90дБ. Поэтому работу с такими механизмами необходима, переносить в отдельные помещения.

Шум в производственных помещениях в большинстве случаев является следствием плохой конструкции, неправильной сборки и установки механизмов, их износа и вибрации, применения неверных приемов работы, а также результатом нарушения нормальных режимов эксплуатации — парений, хлопков, взрывов, пробоев. При принятии необходимых мер громкость производственных шумов может быть значительно снижена.

В котельных цехах электростанций борьбу с шумом ведут, улучшая режимы эксплуатации, центровку и балансировку механизмов, снижая величину их вибрации, накладывая шумовую изоляцию (шаровые углеразмольные мельницы), парения.

## **5.4 Требования к освещенности рабочего места**

Плохое освещение рабочего места вызывает быструю усталость и болезни глаз, понижает внимательность и, следовательно, значительно снижает производительность труда, увеличивает вероятность несчастных случаев на производстве.

Солнечный (естественный) свет значительно лучше влияет на организм человека, чем электрический, и поэтому там, где это возможно, стремятся обеспечить нормальную освещенность через окна. Для каждого вида производства имеются нормы освещенности рабочего места как естественного, так и электрического. Эти нормы обеспечиваются при проектировании и строительстве объектов и поддерживаются при их эксплуатации.

Освещенность производственных помещений и рабочих мест уменьшается в несколько раз из-за загрязнения источников света. Поэтому световые проемы (окна и фонари) протирают или промывают не менее трех раз в течение года, а светлую краску стен производственных помещений, которая хорошо отражает свет и увеличивает освещенность, восстанавливают один-два раза в год.

Быстро загрязняются в производственных помещениях также электрические лампочки, колпаки и абажуры. Лампочки регулярно протирают снаружи, колпаки и абажуры снаружи, так и изнутри.

В котельных цехах невозможно обеспечить общую нормальную освещенность из-за загроможденности оборудованием, лестницами, площадками и трубопроводами. Поэтому, помимо общего освещения в местах прохода и пребывания людей, в местах расположения оборудования, органов управления и аппаратуры устраивают местное освещение. Кроме того, котельные оборудуют аварийным освещением, которое включено постоянно или автоматически включается при исчезновении напряжения в осветительной сети, что



обеспечивает возможность управления агрегатами при авариях, вызвавших отключение общего и местного освещения.

Напряжение в нормальной осветительной сети равно 127 или 220 В. Такое напряжение опасно для здоровья и жизни людей, попавших под напряжение. Поэтому напряжение местного освещения аппаратуры, приборов, органов управления, водомерных колонок и других узлов и деталей паровых котлов, которые обслуживаются людьми в непосредственной близости от осветительной арматуры, не более 36 в.

При работах в барабанах, топках, газоходах котла, а также в мельницах, шахтах, коробах, воздухопроводах и других тесных местах с хорошей проводимостью тока человек может попасть под ток, поэтому применяют освещение напряжением не выше 12В, питающееся от специальных трансформаторов. Для освещения всех этих мест служат переносные лампы со шнуром длиной 25 - 40 м.

### **5.5 Питательная вода**

Промышленные предприятия должны быть обеспечены доброкачественной питьевой водой, как правило, кипяченой и остуженной. Применение сырой воды допускается только с разрешения органов санитарно-противоэпидемической службы.

К качеству питьевой воды и снабжению водой промышленных цехов предъявляют следующие санитарные требования.

Температура питьевой воды должна быть не выше 20 и не ниже 8°C, расстояние от рабочих мест до питьевых установок - не более 75м, периодичность замены пресной воды в бачках - не реже 1 раза в сутки. В газированной воде горячих цехов должно содержаться 0,5% поваренной соли (5г на 1л воды). Давление кислоты, вводимой в воду для приготовления газированной воды, должно быть 3 - 7ат., количество газированной воды на одного работника горячего цеха в смену 4-5л.

### **5.6 Сведения о профессиональных заболеваниях**

При длительной работе на производстве с вредными условиями труда, при непринятии необходимых мер по охране труда и оздоровлению труда самим работающим могут возникнуть профессиональные заболевания. При длительном вдыхании пыли, содержащей кремний, а также газов от электросварки может развиваться силикоз или другие заболевания легких. Преимущественно эти заболевания встречаются у пескоструйщиков, литейщиков, шлифовальщиков, электросварщиков.

Обычные правила промышленной санитарии, включающие общую приточную и вытяжную вентиляцию, а также местную вентиляцию (отсос пыли, подача к рабочему месту свежего воздуха) оздоравливают условия труда настолько, что профессиональные заболевания исключаются.

На большинстве электростанций дутьевые вентиляторы котлов забирают воздух из помещения котельной, в результате чего через фанари, фрамуги, окна и другие места в котельную поступает чистый воздух. Создается, таким образом, мощная приточно-вытяжная вентиляция, которая оздоравливает условия работы. В тех случаях, когда на отдельных рабочих местах воздухообмен недостаточен, устраивают местную вентиляцию. В частности, при работе электросварщиков в замкнутых и тесных сосудах на каждый килограмм израсходованных электродов в соответствии с правилами промсанитарии к рабочему месту подают 2000 м<sup>3</sup> чистого воздуха.

При нарушении промсанитарии у лиц, соприкасающихся в своей работе с радиоактивными веществами или ионизирующим излучением (металлорентгенографирование, гамма-дефектоскопия) могут появиться опухоли кожи от воздействия ионизирующего излучения (рентгеновских, гамма-лучей и радиоактивных веществ).

Если электросварщики и автогенщики не принимают мер против систематического воздействия лучистой энергии, у них может появиться заболевание глаз (катаракта). У клепальщиков, котельщиков, кузнецов возможно прогрессирующее понижение слуха вследствие систематического воздействия сильного производственного шума.

## **5.7 Режим труда и отдыха, личная гигиена рабочего**

Нельзя добиться всестороннего развития человека без физического труда, творческого и радостного, укрепляющего организм, повышающего его жизненные функции.

Труд является необходимым условием существования человеческого общества и основой благополучия как каждого человека, так и всего общества. В труде развиваются физические и духовные способности каждого человека.

Физическое напряжение, связанное с работой, полезно для полноценного физического развития, укрепления здоровья и повышения работоспособности. Активная энергичная работа на производстве способствует развитию мускулатуры, укрепляет сердце и развивает дыхательный аппарат.

Законы об охране труда запрещают использование рабочих в возрасте до 18 лет на особо тяжелых и вредных для здоровья производствах и подземных работах. В частности, подростков до 18 лет нельзя назначать на работы, заключающиеся, исключительно в переноске или передвижении тяжестей. Переноска и передвижение грузов разрешается лишь в тех случаях, когда они связаны с выполняемой подростками работой и отнимают не более 1/3 их рабочего времени.

Обязательным условием полезности труда для здоровья является правильное чередование периодов работы и отдыха, т. е. режим труда и отдыха. Без соблюдения этого режима наступает преждевременное утомление, производительность труда снижается и для продолжения работы необходимо применять волевое усилие. В нормальных производственных условиях значительное систематическое переутомление недопустимо.

Время для отдыха необходимо правильно использовать. Если работа выполняется в тесных, сырых, запыленных, горячих помещениях или сосудах, для отдыха выходят на свежий воздух. Если работа ведется сидя, отдыхают стоя или в движении. Наоборот, если работа ведется стоя, отдыхают сидя.

Наиболее эффективный отдых — переключение на другую работу. В комплексных бригадах легко организовать чередование видов деятельности и выполнение каждым рабочим работ двух-трех специальностей, что снижает утомляемость и, следовательно, повышает производительность труда.

Накопившееся к концу рабочего дня общее утомление должно сниматься отдыхом после работы и во время сна. Для общего отдыха чрезвычайно большое значение имеет правильный режим отдыха в выходные, праздничные дни и во время ежегодного отпуска. Этот отдых должен быть активным. Полезно кататься на коньках, лыжах и велосипеде, грести, плавать, заниматься спортивными играми, танцами.

Для учеников индивидуального и бригадного обучения, для рабочих и служащих в возрасте 15 - 16 лет установлен четырехчасовой рабочий день, для подростков 16 - 18 лет - шестичасовой. При этом труд подростков за сокращенный рабочий день оплачивается, как за полный рабочий день работников соответствующих категорий.

В целях охраны здоровья подростков и обеспечения им нормальных условий для труда, отдыха и учебы запрещено использовать молодых рабочих и служащих в возрасте до 18 лет на сверхурочных работах и привлекать к работе в ночных сменах.

Каждый рабочий должен выполнять требования личной гигиены на производстве, быть чистым, и опрятным. Соблюдение личной гигиены является залогом здоровья и одним из важнейших условий повышения производительности труда.

## **5.8 Техника безопасности**

Техника безопасности изучает причины несчастных случаев на производстве, разрабатывает способы устранения этих причин и обеспечивает внедрение этих способов в производство. Обеспечение наибольшей безопасности труда должно сопровождаться повышением его производительности. Несчастным случаем на производстве или производственной травмой называют внезапное повреждение тела, влекущее за собой временную утрату трудоспособности, увечье или смерть. Несчастный случай отличается от профессионального заболевания внезапностью возникновения (при взрыве, падении, ударе и др.) и кратковременностью воздействия. При этом могут появиться ожоги, раны, ушибы, отравление газами, нервный шок, электрический удар.

Потеря трудоспособности от несчастного случая бывает: временной - на несколько часов, дней, месяцев; частичной, при которой человек в дальнейшем не может стать полноценным работником, каким был прежде; полной, при которой человек совсем теряет трудоспособность.

Кроме производственного травматизма, связанного с временной частичной или полной потерей трудоспособности, на производстве имеет место мелкий травматизм – засорение глаз, мелкие ранки на руках, ожоги, ушибы и ранения ног. Хотя мелкий травматизм не связан с потерей трудоспособности, он также снижает производительность труда и ухудшает физическое состояние работников.

Травматизм отрывает от производственной деятельности трудящихся, ухудшает их здоровье и вызывает огромные непроизводительные затраты на лечение и выплату пособий. В государстве ведется планомерная и систематическая борьба с травматизмом.

Регистрация и учет несчастных случаев

О полученной травме или происшедшем несчастном случае рабочий немедленно сообщает мастеру, прорабу или начальнику цеха. На все несчастные случаи, происшедшие с работниками в связи с выполнением ими производственных заданий и вызвавшими потерю трудоспособности на один день или более, составляют акт по установленной форме. Ответственными за своевременное составление акта являются начальник цеха, мастер и прораб. Одновременно с составлением акта они сообщают о несчастном случае администрации предприятия и фабрично-заводскому комитету.

В течение 24 ч начальник цеха расследует причину несчастного случая, составляет акт по установленной форме и разрабатывает мероприятия, указывая сроки, их выполнения для предупреждения несчастных случаев в дальнейшем.

О групповых несчастных случаях, происшедших одновременно с тремя или более работниками, тяжелых несчастных случаях, влекущих за собой инвалидность, и о смертельных несчастных случаях начальник цеха немедленно сообщает руководителю предприятия и фабрично-заводскому комитету. Руководитель предприятия немедленно сообщает о них в вышестоящую хозяйственную организацию и в техническую инспекцию Совета профсоюза. Каждый групповой, тяжелый "или смертельный несчастный случай немедленно расследуется техническим инспектором Совета профсоюза.

## **5.9 Обучение и инструктаж рабочих по правилам техники безопасности**

Условия работы в котельных цехах электростанции требуют от каждого рабочего знания правил техники безопасности и их беспрекословного выполнения. Несчастные случаи с людьми происходят главным образом из-за незнания правил или их нарушения. Поэтому все рабочие котельных цехов проходят специальное обучение правилам техники безопасности.

Это обучение включает следующие формы:

- вводный инструктаж;
- индивидуальное обучение по инструкциям и пособиям;
- инструктаж перед началом работы;
- инструктаж на рабочем месте;
- периодический инструктаж по общим вопросам техники безопасности (один раз в месяц);
- организованное обучение на курсах;

проработка отдельных вопросов техники безопасности на собраниях.

Каждый вновь поступивший рабочий проходит вводный инструктаж об особенностях производства и мерах безопасности. После этого он допускается к работе на 2 - 4 недели под наблюдением опытного рабочего. За этот период рабочий в индивидуальном порядке по инструкциям и пособиям изучает правила техники безопасности и подвергается проверке знаний. Если при проверке знаний выявляется хорошее усвоение и понимание правил техники безопасности, рабочему выдается удостоверение о проверке знаний на право допуска к самостоятельной работе.

Инструктаж перед началом работы проводят при выполнении работ на новом объекте или новых видов работ, а также при выполнении сложных и опасных работ. О проведенном инструктаже делают запись в специальном журнале, в котором расписываются проинструктированный рабочий и технический руководитель, производивший инструктаж.

Очень важной формой работы с людьми по технике безопасности является инструктаж на рабочем месте. Выдавая задания бригадир, мастер на рабочем месте обращает его внимание на опасные условия, напоминает о важнейших правилах и предупреждает о необходимости их выполнения. Таким же образом бригадир инструктирует звеньевой или старшего по разряду рабочего, которые, выдавая задания рабочим низшей квалификации или проверяя их работу, также напоминают им о правилах техники безопасности и предупреждают о возможных опасностях.

В связи с таким порядком инструктажа на рабочем месте рассматривают вопрос об ответственности за выполнение правил техники безопасности. За их нарушения и происшедшие несчастные случаи ответственность несет не только администрация или технический персонал (главный инженер, начальник цеха, мастер), но и каждый работник за себя и за подчиненных ему людей. Бригадир, звеньевой и старшим по разряду рабочим поручают работу своим подчиненным и поэтому отвечают за все их действия.

К обучению на курсах по технике безопасности привлекают всех рабочих цеха. Программа курсов рассчитана на 8 - 10 ч и включает изучение инструкции и правил безопасной работы в данном цехе, а также проработку под руководством врача правил подачи первой помощи при поражениях током, ожогах, ранениях и отравлениях.

Знание рабочими правил техники безопасности контролируется путем проверок. Проверки знания бывают очередные и внеочередные.

К очередным проверкам относятся первичная и ежегодная. Ежегодные проверки проходит весь персонал котельного цеха. Проверки используют как средство для углубления знания правил техники безопасности. Проверка знания оформляется протоколом и записью в выданных удостоверениях.

Внеочередные проверки производят при повышении разрядов ремонтному персоналу и оформлении допуска к выполнению работы по второй профессии, а также при нарушении рабочим правил техники безопасности, если даже это нарушение не привело к несчастному случаю.

На собраниях рабочих бригады, смены или цеха прорабатывают новые правила и инструкции и подробно разбирают происшедшие несчастные случаи и их причины. Воспитательными мерами являются также взыскания, накладываемые на отдельных работников, игнорирующих правила техники безопасности. В отдельных случаях работников, по халатности которых произошли или могут произойти несчастные случаи, отстраняют от работ, при выполнении которых может создаваться угроза для здоровья и жизни людей.

### **5.10 Медицинское освидетельствование**

Для того чтобы выполняемая работа не причиняла вреда организму рабочего, к работе в котельных цехах электростанций не допускаются лица, страдающие определенными заболеваниями. С этой целью при приеме на работу в котельный цех электростанции или ремонтного предприятия все рабочие проходят медицинское освидетельствование.

Лицам с больным сердцем вредно работать в горячих цехах выполнять тяжелую физическую работу. Лица с больными и слабыми легкими не допускаются к работе на углеподаче, в пылеприготовлении и других пыльных цехах, а также в цехах, где выделяются вредные газы.

К работе по обслуживанию и ремонту котельного оборудования, такелажным работам и работам на высоте не допускаются лица, подверженные периодическим припадкам. В результате внезапно наступающего припадка может пострадать не только сам больной, но и находящиеся вблизи люди.

Работники котельных цехов (машинисты, кочегары, щитовые, дежурные) должны хорошо видеть и различать все цвета (не страдать дальтонизмом), так как сигнальные лампы, электрические и тепловые схемы и трубопроводы окрашены в разные цвета. Плохой слух и плохое зрение способствуют травматизму и также не позволяют работать в котельных цехах электростанции.

Периодические медицинские освидетельствования проводятся через каждые 2 года. При этом выявляются случаи, когда рабочему необходимо лечиться или его надо перевести на более легкую работу.

В целях охраны здоровья подростки в возрасте до 18 лет перед приемом на любую работу обязательно подвергаются врачебному освидетельствованию. Периодические освидетельствования молодых рабочих проводятся не реже чем через 1 год.

### **5.11 Электротравматизм**

Поражения электрическим током в тепловых цехах электростанции происходят в результате нарушения правил безопасности при пользовании электрическим освещением, электрическими инструментами и сварочными аппаратами. Они могут произойти также при самовольных отключениях и подключениях оборудования на электрических сборках и при механических повреждениях токоведущих частей, расположенных вблизи ремонтируемого оборудования или около проходов к нему.

Характер электрических травм разнообразен. При попадании человека в цепь электрического тока могут появиться ожоги, паралич нервной системы, приостановка дыхания и работы сердца. Химические явления проявляются в электролизе крови. При поражении током человек может упасть и получить ушибы или ранения. Электрический удар часто вызывает потерю сознания и состояния «мнимой смерти».

После освобождения тела человека от действия тока работа сердца и легких может возобновиться, для чего делают искусственное дыхание. Прекращают искусственное дыхание лишь тогда, когда пострадавший перейдет в сознание и будет самостоятельно дышать или когда врач зафиксирует состояние смерти.

При поражении человека электрическим током основную роль играет сила тока, проходящего через его тело. Величина напряжения имеет значение лишь потому, что при постоянном сопротивлении тела сила тока тем больше, чем больше напряжение. Но сила тока тем меньше, чем больше сопротивление тела человека. Это сопротивление меняется в значительных пределах - от нескольких сот Ом до нескольких десятков тысяч Ом. При сухой коже, здоровом и не уставшем организме сопротивление тела большое. Выделение пота снижает сопротивление тела на 40 - 60% и увеличивает степень поражения током. Также действуют усталость и алкогольные напитки.

С повышением частоты тока его поражающие свойства уменьшаются. Более того, токи высокой частоты (несколько десятков тысяч вольт и несколько сот тысяч герц) используют в медицине для лечения.

Возможность поражения электрическим током в большой степени зависит от помещения, в котором производится работа. В зависимости от условий поражения все помещения разделяются на три категории:

- помещения сравнительно безопасные – сухие отапливаемые комнаты с непроводящими полами; воздух не содержит токопроводящей пыли;

- помещения с повышенной опасностью – сырые или сухие, но не отапливаемые комнаты, воздух которых содержит токопроводящую пыль, а материал полов проводит ток;

- помещения особо опасные – очень сырые, наполненные едкими парами или газами комнаты, хорошо проводящие ток.

Котельные цехи электростанций относятся к помещениям особо опасным, так как множество металлических заземленных конструкций с очень хорошей проводимостью способствует попаданию людей в цепь электрического тока. Наибольшую опасность представляют замкнутые тесные металлические сосуды - барабаны котлов, цистерны, баки, резервуары, мельницы, газовоздухопроводы, шахты и другие конструкции. Работать в этих конструкциях неудобно, что способствует прикосновению к токоведущим частям и металлической поверхности. Наступающие при работе в таких местах быстрая усталость и выделение пота также способствуют поражению током.

Для светильников, подвешиваемых на доступной высоте (2,5 м от пола и ниже) в помещениях сравнительно безопасных используется напряжение 127 или 220 В, а в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных - напряжение не выше 36 В. Для ручных переносных ламп в помещениях с повышенной

опасностью допускается напряжение до 36 В, а в помещениях особо опасных и замкнутых металлических конструкциях – не выше 12 В.

Максимальным напряжением, безопасным при всех условиях для здоровья и жизни людей, является напряжение 12 В. Напряжение более 12 В уже опасно. На производстве были неоднократные смертельные поражения током от сварочного напряжения 60 в. Поэтому при пользовании сварочным напряжением, а также переносным освещением и электрифицированными инструментами должны соблюдаться все меры безопасности работ.

### **5.12 Защитные средства**

Чтобы устранить влияние на здоровье людей вредных условия производства и предотвратить несчастные случаи в котельных цехах электростанций, применяют многочисленные защитные средства. К защитным средствам относятся спецодежда, спецобувь, инвентарная защитная одежда (шлемы на голову, брезентовые, прорезиненные и асбестовые комбинезоны), резиновые сапоги и перчатки, рукавицы, валенки, предохранительные пояса, респираторы, очки и многое другое. Защитными средствами являются также ограждения полумуфт, зубчатых колес, маховиков и других, вращающихся и движущихся частей механизмов, ограждения кругов наждачных точил, проемов в перекрытиях и площадках, лестниц и площадок, фланцев трубопроводов. Много защитных средств применяют для защиты людей от поражения током — плакаты, штанги, клещи, инструменты с изолирующими ручками, резиновые перчатки и рукавицы, резиновые боты и галоши, изолирующие подставки, резиновые коврики и дорожки. Одним из самых надежных защитных средств от поражения током является заземление корпусов и кожухов всех электрических машин, инструментов, трансформаторов и устройств, которые отводят ток в землю в его на корпус или кожух.

При расшлаковке, очистке котлов от золы и других работах, связанных с пылью и газами, применяют защитные средства для головы, глаз и лица.

### **5.13 Применение системы нарядов**

Наряды на работу в котельных и других тепловых цехах введены для обеспечения безопасности работ и предотвращения аварии. Любую ремонтную работу в действующей котельной можно выполнять только по наряду, в котором перечисляются необходимые меры безопасности. Прежде чем допустить людей к выполнению работы, принимают перечисленные в наряде меры безопасности.

Ответственными за безопасность работ являются: лицо выдавшее наряд, руководитель работ, производитель работ и допускающий к работам. Выдают наряды начальник цеха, его заместитель, а также инженер и мастер, если они уполномочены распоряжением начальника цеха. Допускает к работе начальник смены цеха с ведома дежурного инженера.



Лицо, выдающее наряд, отвечает за возможность производства работ и правильность указанных в наряде мер безопасности. Лицо, допускающее к работе, отвечает за правильность отключения ремонтируемого участка, инструктажа и принятых мер безопасности. Руководитель работ отвечает за правильное выполнение всех указанных в наряде мер безопасности. Руководитель лично инструктирует производителя работ и контролирует работу бригад. Производитель работ отвечает за техническое руководство работой и соблюдение работающими мер безопасности.

Наряд выдается на одного производителя работ (на одну бригаду) и подписывается допускающим, руководителем и производителем работ. Наряд заполняется в двух экземплярах, и оба экземпляра вручаются начальнику смены (дежурному инженеру). Один экземпляр передается производителю работ, а второй остается у начальника смены. Допуск к работе отмечается в оперативном журнале начальника смены. Начальник смены до возвращения ему второго экземпляра наряда не имеет права включать выведенное для ремонта оборудование.

После окончания рабочего дня наряд сдают начальнику смены. К прерванным работам приступают после получения ответственным руководителем сданного накануне наряда.

Закрытие наряда после окончания всех работ оформляется подписями руководителя работ и начальника смены. Оба экземпляра наряда передаются начальником смены начальнику цеха, у которого они хранятся в течение одного месяца, после чего уничтожаются.

В аварийных случаях и в ночное время с разрешения дежурного инженера допускается ремонтировать оборудование без наряда записав в оперативном журнале принятые меры безопасное.

При производстве работ ремонтной организацией или ремонтным цехом наряд выдаётся начальником котельного цеха в целом на всю работу (агрегат, узел).

Допуск к отдельным работам, требующим дополнительных мер безопасности, оформляется персоналом ремонтной организации или ремонтного цеха. В этом случае за правильность мер безопасности отвечает руководитель от ремонтной организации.

Перечень работ, производимых по нарядам, составляется на каждой электростанции и утверждается главным инженером.

#### **5.14 Основные меры безопасности при ремонте оборудования котельных цехов**

Работать в топках и газоходах при температуре выше 60° С запрещается, при температуре ниже 50 - 60° С можно работать не более 20 мин, после чего отдыхать на свежем воздухе в течение 20 мин.

При работе в топках, газоходах и барабанах применяют электролампы напряжением не выше 12В. Ламп должно быть не менее двух с питанием от разных источников.

Выполнять работу в топках, газоходах и барабанах должны не менее двух человек. Если работу выполняет один человек, второй находится вблизи от люка (лаза) и наблюдает, готовый прийти на помощь в случае необходимости или позвать других людей.

Находиться в топках и газоходах при отсутствии тяги не разрешается. Перед допуском людей в топку или газоходы котельный агрегат надежно отключают по пару, воде, мазуту, воздуху и газам. На всех запорных органах вывешивают плакаты «Не включать - работают люди».

На котлах, сжигающих природный или доменный газ, газопровод отключают металлическими заглушками. Задвижки на отводах газопровода к котлу прочно закрывают и запирают на замок. Вентили и задвижки на продувочных свечах отводов газопроводов к котлу полностью открывают. Для надежной вентиляции котла от газов перед допуском людей в котел включают дымососы и вентиляторы не менее чем на 15 мин.

Во время работы в топках и газоходах принимают меры против включения дутьевых вентиляторов и дымососов. При необходимости включения тягодутьевых машин для вентиляции (или для их испытания) из топки и газоходов, а также из водяного экономайзера и воздухоподогревателя, газовых и воздушных коробов предварительно удаляют всех рабочих.

До начала работ в барабанах котла устанавливают заглушки на паропроводах, питательных и спускных линиях, соединяющих ремонтируемый котел с другими котлами или магистралями. У котлов с давлением выше 60 ат при установке арматуры на сварке допускается отделение их от общих трубопроводов двумя задвижками, если есть между ними дренажное устройство диаметром не менее 32 мм, соединенное с атмосферой. В этом случае приводы задвижек и вентили дренажей запирают на замок при помощи общей цепи. Вывешивают также плакаты.

Открывать люки барабанов следует в рукавицах и под наблюдением мастера. При температуре на расстоянии вытянутой руки от торца барабана 40 - 45° С работа в течение 20 мин чередуется с отдыхом в течение такого же времени. При температуре более 45° С работать в барабане запрещается.

Нельзя устанавливать электродвигатель устройства для шарошки труб в барабане или люке барабана. Между гибким валом и валом электродвигателя должна быть муфта из материала, не проводящего ток. Электродвигатель должен быть заземлен. Включать рубильник можно только в резиновых перчатках

Работа на высоте. Леса и подмости

Леса для работ в топках и газоходах котла, для ремонта обмуровки тепловой изоляции и других работ изготавливают по утвержденному проекту. Металлические инвентарные леса устанавливают слесари, а деревянные — только специально обученные плотники.

Деревянные леса и подмости выполняют из сухого не гнилого материала, не имеющего косослоя, трещин и продольной суковатости. Доски используют обрезные, толщиной не менее 4 см. Металлические леса надежно соединяют в наращиваемых стояках и прочно крепят к стенкам, чтобы они не опрокинулись.

Настилы на лесах и подмостях должны иметь ровную поверхность, прочно крепиться и не иметь щелей шириной более 10мм. На высоте более 1,1 м от уровня земли (пола, перекрытия) у настилов лесов и подмостей устраивают барьеры высотой не менее 1 м с бортовой доской шириной 15 см.

Для подъема и спуска людей леса снабжают прочными лестницами с ограждением и бортовой доской. К работе на лесах допускают после окончания их изготовления и приемки комиссией, составившей акт. Работа на случайных подставках, с ферм, стропил, трубопроводов, ограждений запрещается.

При выполнении работ на высоте более 1,5 м без лесов и подмостей, а также на подмостях и лесах без ограждения обязательно применяют предохранительные пояса. У места работ ставят других рабочих, готовых оказать работающему на высоте немедленную помощь. Предохранительным поясом пользуются, если к нему прикреплена бирка на которой отмечена дата последнего испытания. Если срок очередного испытания истек, поясом пользоваться запрещается.

Работают на двух уровнях по высоте только при наличии постоянных или временных плотных настилов между этими уровнями.

Нельзя работать на высоте с любых непроверенных приставных лестниц. В цехе имеются специальные лестницы, взятые на учет и пронумерованные. К лестницам прикреплены таблички, на которых указана дата последней проверки. Исправность приставных лестниц проверяют не реже 1 раза в месяц, а испытание проводят не реже 1 раза в 6 месяцев.

Материал для изготовления лестниц берут сухой, не имеющий суковатости и трещин. Толщину тетивы лестницы берут такой, чтобы она не прогибалась. Ступеньки лестницы врезают и пришивают гвоздями или соединяют в шип. Нарращивают лестницы только путем прочного соединения металлическими хомутами или накладками с болтами. Прогиба и качания в месте наращивания под нагрузкой не должно быть.

Лестницу устанавливают прочно и устойчиво, прежде чем на нее поднимется человек. Принимают меры против соскальзывания лестницы под тяжестью груза или из-за случайного толчка. При работах на шероховатых и бетонных полах применяют лестницы, у которых нижние концы снабжены резиновыми наконечниками или обиты резиной. Для работы на деревянных и земляных полах на нижние концы лестницы надевают стальные острия. Верхние концы лестниц, приставляемых к трубопроводам, снабжают специальными крюками для захвата за трубу.

При работе на гладких полах (чугунных, плиточных) и в других случаях, когда лестница может сдвинуться, у основания лестницы ставят рабочего, который удерживает ее от соскальзывания и предохраняет от толчков.

#### Переноска и складирование грузов

При переноске грузов рабочие находятся только с одной стороны груза; сбрасывают груз с плеча или с рук одновременно (по команде). Нельзя сбрасывать груз в сторону, в которой находятся люди. Нельзя переносить грузы по одной доске к лестницам без перил.

Если вес груза превышает 50кг, то переносить груз одному человеку разрешается на расстояние не более 60м. Поднимать такой груз на спину и

снимать его рабочий должен с помощью других рабочих. Высота подъема по наклонным сходам не должна превышать 3м, считая по вертикали; заложение сходов (расстояние по горизонтали от начала до конца схода) должно быть не менее трехкратной высоты. Переносить одному человеку груз весом более 80кг запрещается.

Подросткам до 18 лет и женщинам запрещается переносить грузы весом более 20кг. Подростки от 16 до 18 лет и женщины могут переносить вдвоем груз весом не более 50кг.

#### Ремонт механизмов

Перед выводом механизма (вентилятора, дымососа, мельницы, питателя и др.) в ремонт электродвигатель отключают не менее чем в двух местах (выключателем и разъединителем). Вывешивают плакаты «Не включать — работают люди» и принимают меры против ошибочного включения (снимают предохранители).

Открытые вращающиеся части механизмов и электродвигателей при работе и опробовании надежно ограждают. Устанавливать и снимать ограждение при работе механизма запрещается.

При обкатке после монтажа и ремонта нельзя находиться в плоскости вращения муфт и роторов испытываемого механизма.

#### Работа в колодцах, каналах и резервуарах

Спуск в кабельные, водяные, дренажные, золовые каналы и колодцы без наряда и разрешения начальника смены запрещается. Перед началом работы мастер проверяет, нет ли в каналах и колодцах, газа (проверять открытым огнем запрещается) и затем их вентилируют.

В каналах и колодцах разрешается работать при температуре не выше 50° С. Если температура 40 - 50° С, работа в течение 20 мин чередуется с отдыхом в течение такого же времени. Работу должны выполнять не менее двух человек, из которых один остается на поверхности для наблюдения и оказания помощи работающему внизу.

При спуске в колодцы рабочий привязывает конец веревки за надетый на него пояс. Другой конец веревки закрепляют за прочный неподвижный предмет на поверхности вблизи наблюдающего.

Запрещается залезать в резервуары и начинать в них работу без разрешения мастера. Работать в резервуарах можно только при достаточной естественной или искусственной вентиляции. Нельзя вентилировать их кислородом.

Перед закрытием люков и лазов резервуаров, баков, цистерн и других сосудов и аппаратов проверяют, не остался ли внутри кто-либо из рабочих, а также, не забыты ли там материалы, спецодежда, инструмент и другие посторонние предметы.

При ремонте цистерн, бочек и канистр из-под горючих и смазочных материалов сварочные работы и резку производят только с разрешения мастера и после принятия всех мер предосторожности от взрыва газов (промывка горячей водой, нашатырным спиртом, каустической содой, продувка паром и пр.).

## **5.15 Правила пользования механизированными инструментами и приспособлениями**

Выбор для работы электрифицированного или пневматического инструмента в первую очередь зависит от наличия инструмента в кладовой, подготовленности сети питания, времени для подключения, удобства работы. Электрифицированные инструменты намного экономичнее пневматических, так как имеют более высокий коэффициент полезного действия и требуют меньших эксплуатационных расходов. Однако при выборе типа инструмента этому не придают первостепенного значения. Применение механизированного инструмента тем эффективнее, чем меньше времени тратится на подготовительные работы.

Для работы в барабанах котлов, газоходах, воздухопроводах, баках, колодцах и в других тесных и неудобных местах, в местах с повышенной температурой и влажностью применяют пневматические или электрифицированные инструменты с частотой тока 200 Гц и напряжением 36 в. Питание электроинструмента таким током осуществляется от преобразователя тока.

Неисправные механизированные инструменты не должны храниться в инструментальных кладовых вместе с исправными - их необходимо отделять и передавать в ремонт. Это правило в первую очередь касается электрифицированных инструментов. Выдача из кладовой неисправных инструментов и пользование ими может привести к поражению током и поэтому запрещается. Перед выдачей электрического инструмента проверяют его исправность.

Перед началом работы проверяют надежность крепления частей механизированных инструментов, затяжку всех болтов и гаек, легкость вращения шпинделя и наличие смазки. Подшипники и зубчатые передачи электрифицированных инструментов смазывают солидолом не реже чем 2 раза в год, смазку добавляют каждые 2 месяца. Рубильные и клепальные пневматические молотки хранят в вертикальном положении, погружая их по рукоятку в ванну из минерального масла.

Пневматические инструменты выдают вместе со шлангом, а электрифицированные - с кабелем. Шланги и кабели должны быть исправны и снабжены присоединительной арматурой. Присоединять электрифицированный инструмент слесарь должен лишь к розеткам, предназначенным для этой цели. Перед подключением к пневматическому инструменту шлангов их продувают сжатым воздухом, чтобы удалить пыль и песок, которые при попадании в инструмент быстро изнашивают его.

Перед работой механизированные инструменты испытывают на холостом ходу. Исключение составляют ударные инструменты: рубильные и клепальные молотки испытывают только с рабочим инструментом и в рабочем положении.

При перерывах в работе инструменты отключают от питающей сети.

Пневматические инструменты ремонтируют только выделенные для этой цели квалифицированные слесари, а электрифицированные - рабочие-электрики.

## **5.16 Техника безопасности при обслуживании станков, работе с механизированными инструментами и приспособлениями**

К работе с механизированными инструментами и приспособлениями и обслуживанию станков допускают лиц, прошедших обучение.

Нельзя пользоваться неисправными механизированными инструментами и приспособлениями. Запрещается пользоваться электрифицированными инструментами при отсутствии заземляющего провода или изоляции на ручках и вводах питающих проводов, а также при отсутствии резиновой изоляции на проводах или наличии оголенных мест и изломов и при пробое тока на корпус.

С инструментами напряжением питающего тока 127 и 220 В работают лишь в открытых свободных местах. В сырых и тесных местах, на оборудовании и конструкциях пользуются инструментами напряжением не выше 36 В, а внутри оборудования (в барабанах, шахтах, мельницах, воздухопроводах, газоходах, топках, боровых) пользуются лишь инструментами напряжением не выше 36 в.

При работе с электрифицированными инструментами выполняют следующие правила:

- заземляют корпус;

- работающие надевают на руки резиновые перчатки, а на ноги резиновые галоши, или кладут под ноги резиновые коврики;

- при перерывах в работе или исчезновении напряжения инструмент выключают, а питающий провод отключают от сети.

- не прокладывают питающие провода через рельсы, проезды и проходы, а также по токоведущим и горячим элементам оборудования;

- слесарю запрещается ремонтировать, регулировать инструмент; подключать его к сети или к сборкам, оставлять инструмент под напряжением без присмотра, работать с инструментом с приставных лестниц.

Клапаны на рукоятках пневматического инструмента регулируют так, чтобы при легком нажиме они открывались, а при прекращении нажима закрывались и не пропускали воздух. Рабочие инструменты подгоняют к пневмомашинам в соответствии с техническими условиями.

Присоединяют и разъединяют шланги только после полного прекращения подачи воздуха. При работе с электрифицированными и пневмоинструментами нельзя работать с приставных лестниц; оставлять инструмент под давлением сжатого воздуха или под напряжением без присмотра; устанавливать в шлифовальные инструменты неиспытанные или дефектные абразивные диски, а также диски, не соответствующие числу оборотов машины; работать со шлифовальными машинами без ограждения рабочего диска; касаться руками рабочего инструмента до отключения и полной остановки машины. Полумуфты, валы, зубчатые передачи и другие вращающиеся части трубоотрезных станков приводных ножовок, пресс-ножниц, а также механизированных приспособлений ограждают защитными кожухами. Запрещается пуск механизмов без предохранительных приспособлений или с плохо закрепленными ограждениями, а также снимать или поправлять ограждения на ходу механизма.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование топочных агрегатов с рассмотренными способами сжигания твердого топлива – пылевым, слоевым и в «кипящем» слое - независимо от возможностей и гибкости технологии сжигания связано, как правило, с невозможностью своевременного реагирования на изменения теплотехнических характеристик топлива. Это особенно актуально при кратковременном изменении характеристик топлива. Использование же топлива с изменившимися характеристиками без соответствующей корректировки технологии подготовки и сжигания топлива приводит к тепловым и экономическим потерям и снижению эффективности сжигания. С другой стороны частые (но своевременные) изменения технологии сжигания при изменениях качества топлива нежелательны. Как показывает практика, частые корректировки режимов сжигания снижают его эффективность независимо от качества топлива. Постоянство теплотехнических характеристик топлива способствует стабилизации режимов подготовки и сжигания топлива и, как следствие, повышению КПД котлов и эффективности сжигания. И если для пылевого сжигания критерий постоянства топливных характеристик является основным, предъявляемым к качеству топлива, то для способов сжигания в «кипящем» слое и слоевого этот критерий является экономически целесообразным.

Теплотехнические характеристики угля и их изменения влияют на оборудование не только тепловых станций, но и на любое другое оборудование, связанное с обработкой угля – его добычей, транспортировкой, погрузкой и т. п., а также на сохранность угля и его влияние на окружающую среду.

Постоянство теплотехнических характеристик угля, независимо от самих значений этих характеристик, позволяет выработать относительно простой комплекс немногочисленных приемов по обработке угля, предотвращению или уменьшению его потерь и экологического и технологического вреда, наносимого теми же потерями. Поэтому постоянство теплотехнических характеристик угля экономически и технологически выгодно для всей цепи последовательных операций по обработке угля, начиная от его добычи и кончая сжиганием в топочной камере.

Необходимо не просто усреднять топливо, а специально готовить, создавая смеси твердых топлив. Этим достигается не только уменьшение колебаний качества, но решаются и другие задачи: создание топлива с заданными характеристиками (по зольности или химическому составу золы), более широкое использование некачественных топлив и др. При этом есть возможность создавать качественные смеси из некачественных топлив.

Использование смеси углей актуально для любого способа сжигания. При слоевом сжигании, учитывая небольшие мощности котлов, удобно осуществлять шихтовку углей у потребителя.

Для этих углей удобно использовать установки по смешиванию, подробнее рассмотренной в данной работе, возможность и целесообразность которой здесь доказана.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основные положения энергетической стратегии России на период до 2020г./ А. Б. Яновский, А.М. Мастепанов, В.В Бушуев. Теплотехника., 2002г, - 269с.
2. Освоение технологий сжигания Канско – Ачинских углей в пылеугольных камерных топках и перспективы её дальнейшего применения./ М.С. Пронин, В.С. Мещеряков, С.Г. Колов, М., 1996 г. - 208с.
3. Совершенствование технологий сжигания Канско – Ачинских углей с учетом особенностей поведения их органической и минеральной массы./ М.С. Пронин. Красноярск – 2004г. - 224с.
4. Особенности состава и свойств Канско – Ачинских углей./ Г.А. Потехин. М., 1986г. 344с.
5. Сжигание твердого топлива в кипящем слое./ М. Кубин, Мирослав. М., 1991г. - 186с.
6. Котельные установки./ Учебное пособие для Вузов. М., «Высшая школа», 1975г. - 279с.
7. Формирование качества угля при открытой угледобычи./ А.И. Корякин, С.М. Федотенко, С.И Протасов. Учебное пособие. Кемерово 1991г. - 149с.
8. Классификация энергетических углей по пригодности к хранению и по пожаровзрывоопасности их пыли./ Р.Л. Бабкин. В сб.: Особенности углей, перспективы для тепловых электростанции. М. Энергоатомиздат. 1988г.
9. Исследование ирша – бородинскогоугля, поставляемого на тепловые электростанции./ Г.Г. Бруер., М.Я. Процайло., А.А. Малюта. Теплоэнергетика, 1980г.
10. Некоторые характеристики углей разрезов Берёзовский 1 и Урюпский./ Г.Г. Бруер., В.С. Матвиенко, В.Г. Опрышко. Теплотехника, 1985г.
11. Справочник теплоэнергетика предприятий цветной металлургии./ С. Н. Абашкин, В. П. Андреев, Б.О. Богров, М. «Металлургия», 1986г. - 455с.
12. Теория вероятностей и математическое статистика./ И.Н. Коваленко, Н.А Филиппова, Учебное пособие для Вузов. М., «Высшая школа», 1973г. - 368с.



## **Приложение А**



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА, ГЕОЛОГИИ И ГЕОТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра «Горные машины и комплексы»



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

## Комплексная дипломная работа на тему: «Обоснование параметров экспериментальной установки по смешиванию материалов»

Руководитель

проф., д.т.н. Демченко И. И.

Выполнили  
студенты гр. ГМ 12-13

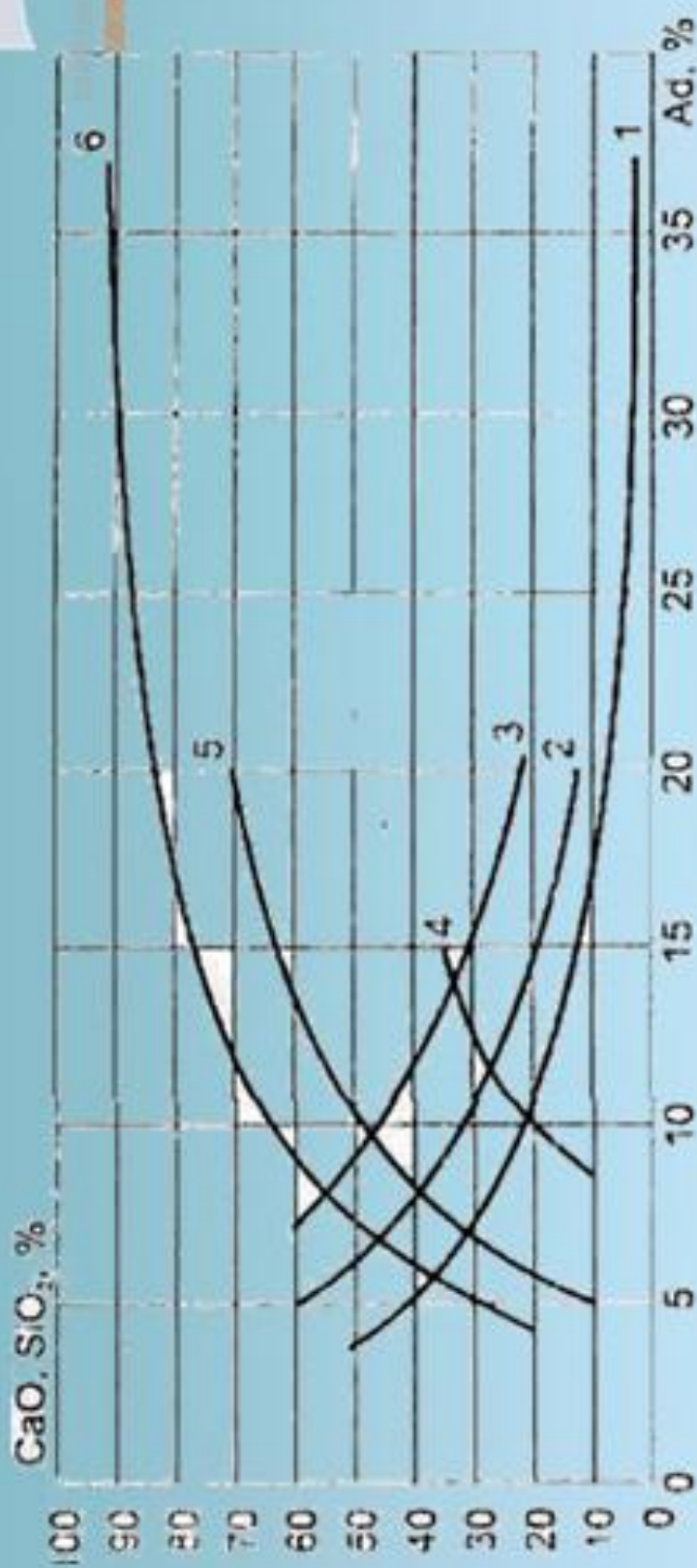
Хвостиков А.А.  
Сибиряков В.Д.

# Угли Канско – Ачинского угольного бассейна



ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Наименование	марка	Характеристики угля							
		W <sub>т</sub> , %	A <sub>т</sub> , %	A <sub>в</sub> , %	W <sub>ад</sub> , %	N <sub>ад</sub> , %	S <sub>ад</sub> , %	Q <sub>т</sub> , ккал/кг	K <sub>св</sub>
Бородинский	2ББ	33,0	7,0	10,5	45,2	1,0	0,3	3800	1,2 –1,3
Берёзовский	2ББ	35,5	4,5	7,0	48,0	0,8	0,31	3600	1,2 –1,3
Назаровский	2ББ	38,5	7,4	12,0	48,0	1,0	0,81	3270	1,2 –1,3
Канский	2ББ	33,9	4,34	6,6	45,2	0,8	0,31	3790	1,1
Абаканский	2ББ	37,8	4,72	7,6	47,7	0,85	0,75	3510	1,2
Иगतский	2ББ	39,0	4,9	10,5	46,5	0,98	0,30	3340	1,30
Гурейский	2ББ	32,0	8,7	12,8	47,4	0,93	0,38	3630	1,8
Козульский	2ББ	41,5	6,84	11,7	47,1	0,88	0,98	3160	1,1
Балахнинский	3ББ	21,7	3,4	4,4	45,6	0,78	0,19	4920	1,15
Остаповский	2ББ	35,7	7,0	10,9	46,3	0,96	1,10	3650	1,4



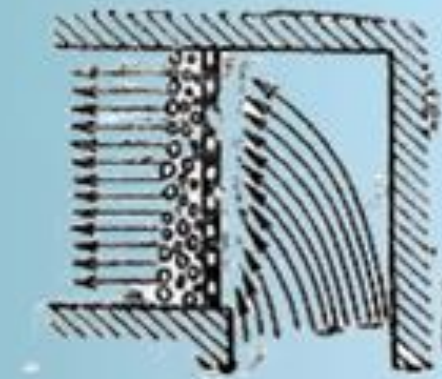
Изменение содержания оксида кальция и оксида кремния в золе Канско – Ачинских углей:

1 – CaO, Бородинский; 2 – CaO, Березовский, 3 – CaO, Назаровский; 4 – SiO<sub>2</sub>, Назаровский; 5 – SiO<sub>2</sub>, Березовский; 6 – SiO<sub>2</sub>, Бородинский.

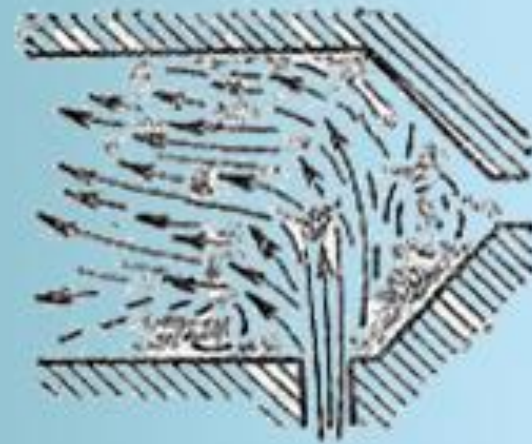
# Основные способы сжигания топлива в слое



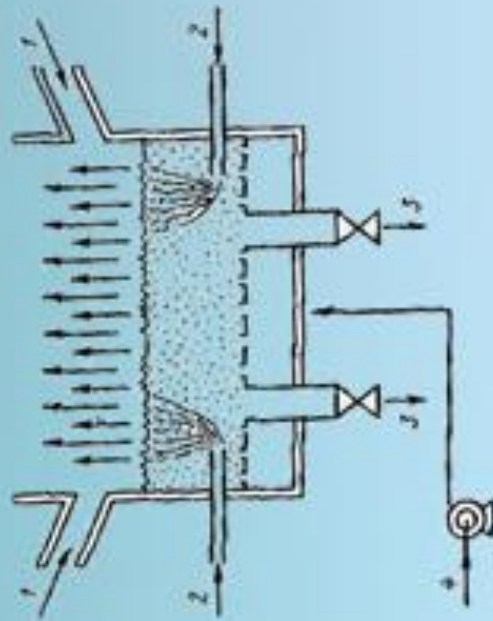
ФЕДЕРАЛЬНОЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛСКОЕ ЦЕНТРАЛЬНОЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛСКОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ И ФИЗИКИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ



а



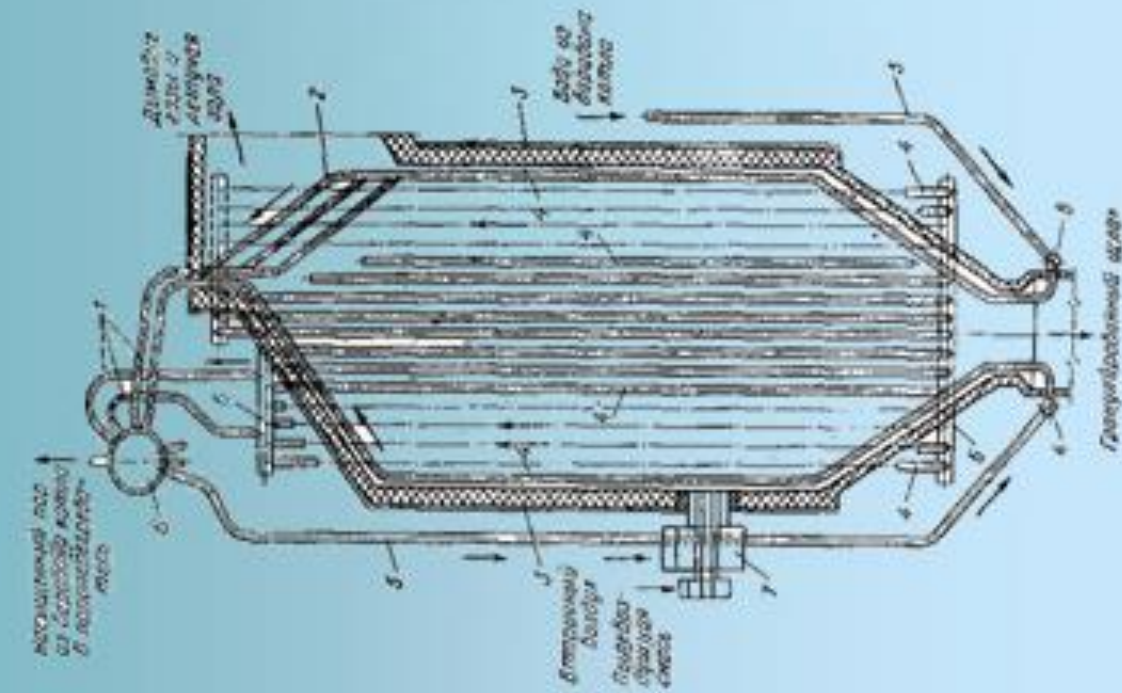
б



в

а — слоевой, б — факельный, в — кипящий слой.





Котёл с топкой для сжигания в пылевидном состоянии:

1 – паропроводящие трубы,  
 2 – фестон, 3 – обмуровка  
 топочной камеры, 4 –  
 кипятильные трубы, 5 –  
 опускные трубы, 6 –  
 коллекторы, 7 – горелки, 8  
 – барабан котла.

The diagram illustrates a closed-loop circulation system for a liquid metal reactor. It features a central core (1) containing a bundle of fuel rods. A primary loop (2) circulates liquid metal from the core to a steam generator (3) and back. A secondary loop (4) circulates water from the steam generator to a turbine (5) and back. Arrows indicate the direction of flow in each loop.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ НАУЧНОЕ ЦЕНТРАЛЬНОЕ  
САМОУПРАВЛЯЕМОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
НАУКИ И ТЕХНИКИ  
ВНИИТРАНС

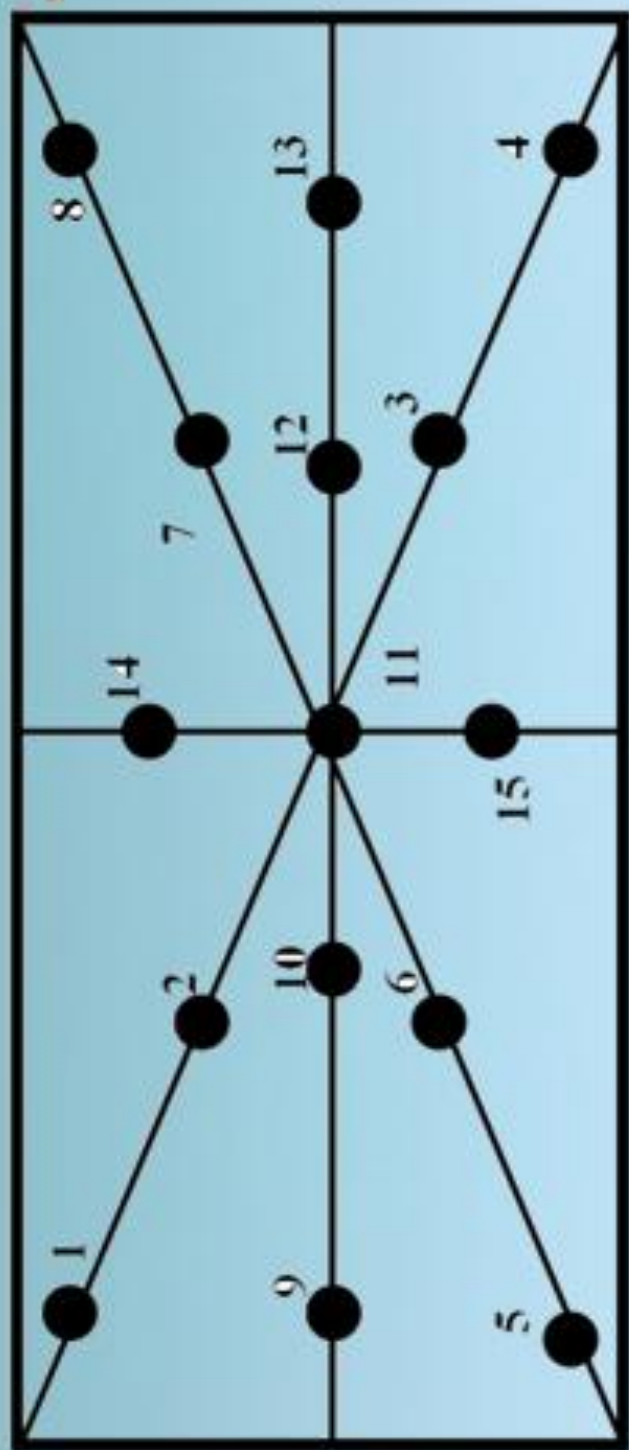


Схема мест (точек) отбора первичной пробы топлива из железнодорожных вагонов.



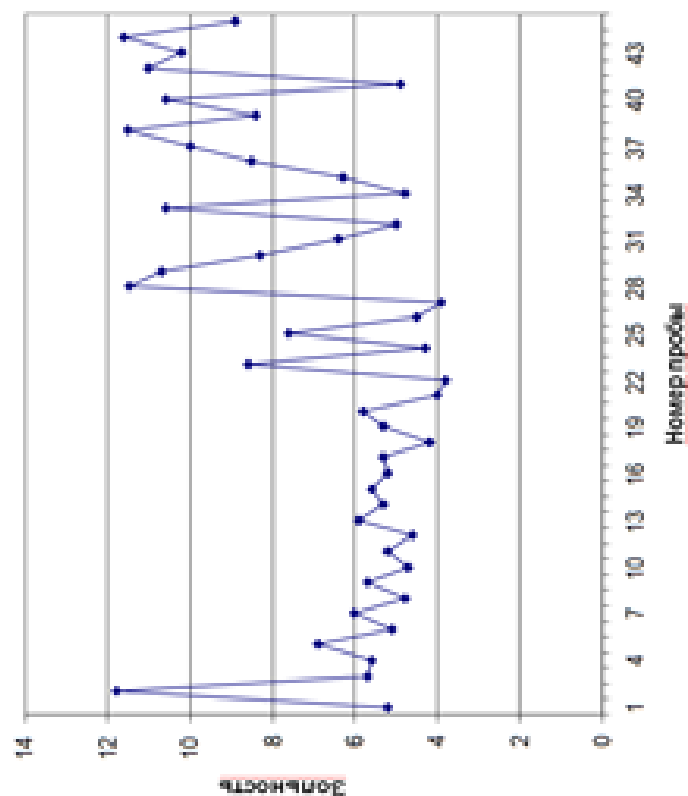


График 2- зольность

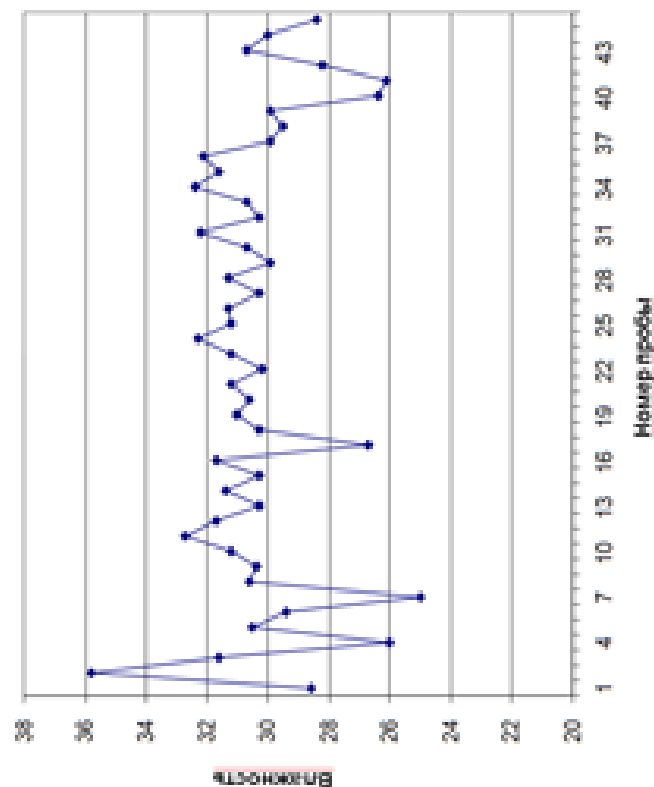
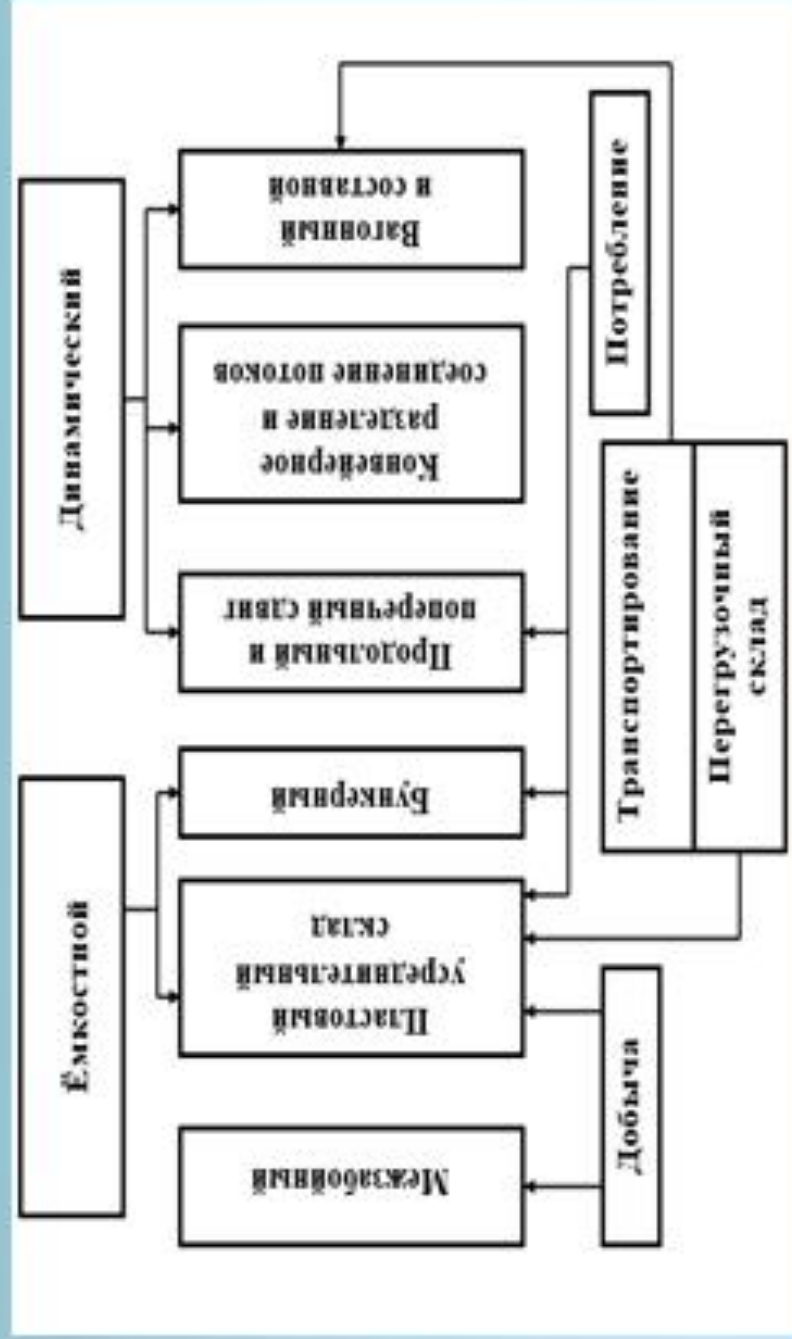
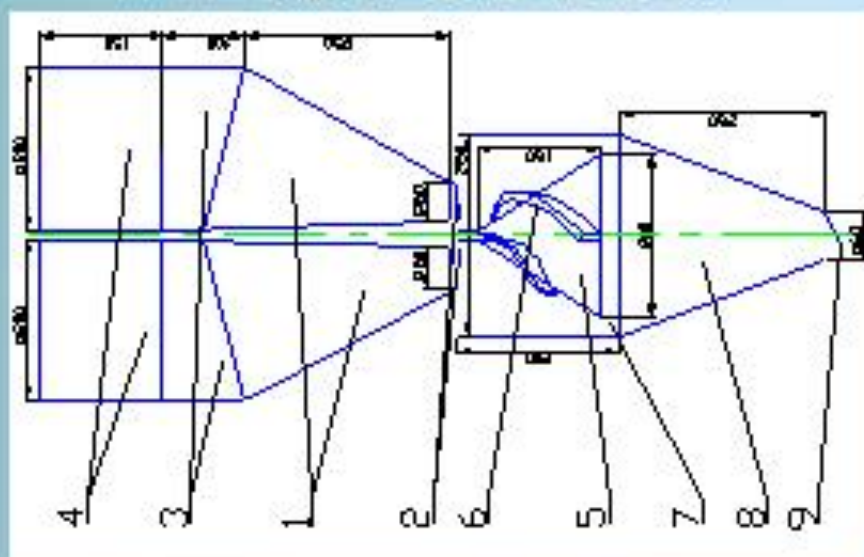


График 1- влажность

# Способы смешивания (усреднения) твердого топлива при добыче, транспортировке и хранении.



## Схема лабораторной установки



- 1 – питательный бункер;  
2 – шиберный затвор;  
3, 4 – наращенные прямоугольные ёмкости;  
5 – конус-рассекатель;  
6 – реборды;  
7 – бункер перемешивания;  
8 – усечённый пирамидальный бункер;  
9 – затвор.